



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PIENJÄNNITESÄHKÖASENNUSTEN MITOI- TUS- JA DOKUMENTOINTITYÖKALUN KÄYTTÖÖNOTTO

Lasse Lättilä

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

LÄTTILÄ LASSE:

Pienjännitesähköasennusten mitoitus- ja dokumentointityökalun käyttöönotto

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Toukokuu 2018

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä pohjatyö uuden mitoitusohjelman käyttöönottoon Neste Engineering Solutions Oy:ssä. Neste Engineering Solutions hankkii Febdok-lisenssin Suomen sähköyksikön käytettäväksi vuoden 2018 aikana. Ohjelmaa aiotaan käyttää yksittäisissä tai lukumäärältään vähäisissä mitoituskohteissa.

Febdok on pienjännitesähköasennusten mitoitukseen ja dokumentointiin suunniteltu ohjelma, joka tarkistaa sähköasennusten standardinmukaisuuden pienjännitesähköasennusstandardin SFS 6000:n mukaan.

Työssä selvitettiin, millä mitoitusperusteilla Febdok mallintaa laskelmia ja palveleeko Febdok-ohjelman loppudokumentaatio Nestein tekemiä projekteja. Lisäksi verrattiin Febdok-ohjelmaa yrityksen omaan Excel-taulukkolaskentaohjelmaan ja selvitettiin yksinkertaisin vaihtoehto tuottaa standardien mukainen loppudokumentaatio sähkösuunnitelmien rinnalle.

Lopputuloksena luotiin Nesteelle sisäinen ohjeistus Febdok-ohjelmasta esimerkkilaskelmien kera ja tehtiin PowerPoint-esitys koulutusmateriaaliksi. Yksi esimerkkilaskelmista esitetään perusteellisesti opinnäytetyössä ja muu materiaali pidetään luottamuksellisena. Lisäksi Febdok-ohjelman loppudokumentaation ei katsottu sopivan Neste Engineering Solutionsin projektikäyttöön ja täten luotiin omat dokumentaatiopohjat, joita voidaan käyttää laskentatavoista riippumatta.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineer

LÄTTILÄ LASSE:

Deployment of Electrical Low Voltage Calculation and Documentation Tool

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 8 pages
May 2018

The overall goal of The Bachelor's thesis is put to use a new dimensioning and protection software into Neste Engineering Solutions Oy. During 2018, Neste Engineering Solutions is going to acquire Febdok license for the electrical department. Febdok will be used in calculations required from the switchgear to consumers, whereas other tools are used for wider network calculations.

Febdok is a complete software for making documentation of electrical installations according to the relevant standards in each country. Febdok supports 4 different countries electrical standards. The following countries are Finland, Sweden, Norway and Great Britain. The software is marketed as a "Design Genie", which is designed to express the program's versatility.

Aim of this thesis was to determine which principles Febdok uses for its calculations and whether Febdok's documentation fulfills Neste's purposes. In addition the Febdok program was compared to company's own Excel program.

As a result, internal guide was developed for using Febdok. Guide included in depth calculation examples and one of them is presented in chapter 5. Also, a short Power-Point presentation was created as a training material. All material is considered confidential, except the one calculation example which is used in this thesis. Finally, the Febdok's documentation was found to be inadequate in the majority of the Neste's projects and thus two different calculation templates was created.

Key words: electrical design, Febdok, low voltage network calculation

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖASENNUSSTANDARDIT	9
2.1	SFS 6000	9
2.2	Dokumentointi	10
3	SÄHKÖLAITTEISTON SUOJAUS	11
3.1	Jakelujärjestelmät	11
3.1.1	TN-Järjestelmät	11
3.1.2	TT-Järjestelmät	14
3.1.3	IT-Järjestelmät	15
3.2	Teollisuusverkon pienjänniteverkon rakenne	16
3.2.1	Keskitetty jakelu	16
3.2.2	Porrastettu jakelu	16
3.2.3	Hajautettu jakelu	16
3.3	Kuormitettavuus	17
3.4	Jännitteen alenema	17
3.5	Suojaustyypit	17
3.5.1	Ylikuormitussuojaus	18
3.5.2	Oikosulkusuojaus	18
3.5.3	Vikasuojaukset	19
3.6	Selektiivisyys	20
3.7	Laitteiston oikosulkukestoisuus	22
3.7.1	Terminen oikosulkuvirta	22
3.7.2	Prospektiivinen oikosulkuvirta	22
3.7.3	Dynaaminen oikosulkuvirta	22
4	LASKENTAOHJELMIEN VERTAILU	24
4.1	Excel-laskentaohjelma	24
4.2	Febdok 6.0.98	25
4.3	Febdok verrattuna Excel-laskentaohjelmaan	28
5	PIENJÄNNITEVERKON SIMULOINTI FEBDOKILLA	29
5.1	Järjestelmän asetukset	30
5.2	Projektinhallinta	31
5.3	Laitteiston aloitus	32
5.4	Laitteiston tehonlähde	33
5.5	Muuntajalähtö	34
5.6	Päänäkymä	36

5.7 Muuntajalähdön toisiopiiri	38
5.8 Pääkeskuksen määrittely	38
5.9 Kaapelin määrittely	39
5.10 Kaapelin valinta	40
5.11 Suojalaitteen valinta	41
5.12 Suojalaitteen poiskytkentäajat	42
5.13 Ryhmäkeskuksen lisäys	43
5.14 Selektiivisyys	44
5.15 Suora moottorikäynnistys	45
5.16 Taajuusmuuttajakäynnistys	47
5.17 Valmis piiri	49
5.18 Dokumentaatio	50
6 YHTEENVETO	52
LÄHTEET	54
LIITTEET	56
Liite 1. ABB IE3 Yleisvalmisteisten valurautaisten oikosulkumoottorien katalogi.	56
Liite 2. ABB ACS880 Taajuusmuuttaja katalogi	57
Liite 3. Febdokin tulostama loppudokumentaatio	58

ERITYISSANASTO

SFS ry.	Suomen Standardoimisliitto
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointijärjestö.
Vikavirta	Eristysviasta johtuva vikapaikan määrätyn pisteen kautta kulkeva virta
Ylikuormitusvirta	Sähköpiirissä esiintyvä ylivirta, jota ei ole aiheuttanut oikosulku tai maasulku.
Lisäsuojaus	Perussuojauksen ja/tai vikasuojauksen lisäksi käytetty suojausmenetelmä
Potentiaalitasaus	Johtavien osien välinen sähköinen liitäntä, jonka tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali
Kosketusjännite	Jännite, joka esiintyy suojamaadoitetun laitteen rungon ja maan potentiaalinvälillä.
SELV	Safety extra-low voltage. Sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienisjännitettä.
PELV	Protected extra-low voltage. Sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienisjännitettä, sekä jännitteiset osat on yhdistetty päämaadoituskiskoon.

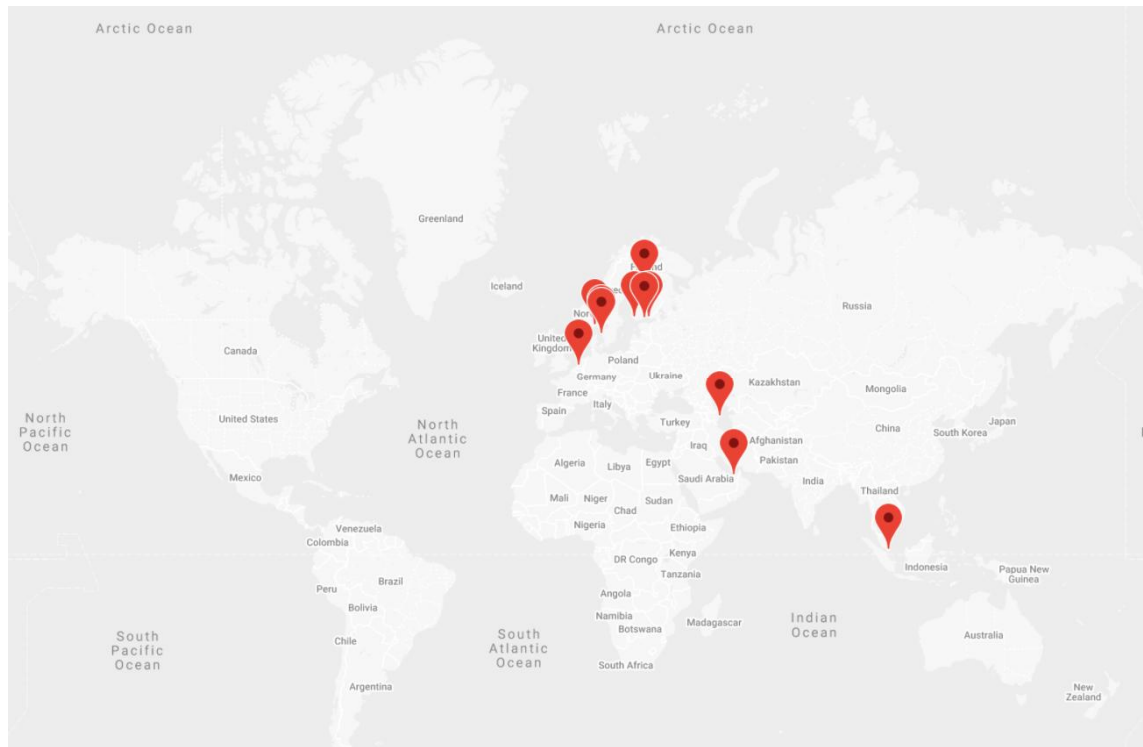
1 JOHDANTO

Insinööritöä tehtiin Neste Engineering Solutions Oy:lle. Neste Engineering Solutionsin Suomen sähkötoiminnonyksikkö ottaa Febdok-ohjelman käyttöön vuoden 2018 aikana. Työn ensisijaisena tavoitteena on laatia mahdollisimman selkeä ja helppolukuinen ohjeistus Febdok-ohjelmasta. Toisena, vähintään yhtä tärkeänä tavoitteena on selvittää, kuinka Febdok-ohjelman loppudokumentaatiota voidaan hyödyntää Nesteen sähkösuunnittelussa. Tässä työssä tarkastellaan, miten ohjelmaa voidaan käyttää yksittäisissä tai lukumäärältään vähäisissä mitoituskohteissa. Varsinaiseen verkostolaskennan suuremmille jakelujärjestelmille ei oteta työssä kantaa - tähän Neste käyttää muita ohjelmia.

Opinnäytetyön tarkoituksena ei ole korvata valmistajan help-dokumentaatiota, vaan muodostaa ohjeistus yleisimmin vastaan tulevista laskennoista. Nesteelle tehtävä ohjeistus sisältää myös listan standardeista, joiden mukaisesti laskennat tehdään. Ohjeistus sisältää esimerkkilaskelmia, joista yksi niistä esitetään tässä työssä. Opinnäytetyössä esitetyssä esimerkkilaskelmassa piiri on mallinnettu rakennetussa järjestyksessä, jolloin käyttäjä voi toistaa mitoituksen Febdokissa. Lisäksi käyttäjälle selostetaan, mitä ohjelmassa tarvitsee erityisesti huomioida, jotta vältetään turhilta virheiltä ja minimoidaan käyttöönottokynnystä. Työn teoriaosuudessa käsitellään Febdokissa esiintyviä termejä ja sen käyttämiseen vaadittavaa teoriaa. Työssä otetaan myös kantaa, mitä Febdok-ohjelma tuo suunnittelupöydälle lisää verrattuna yrityksen omaan Excel-laskentaohjelmaan.

Neste Engineering Solutions Oy on itsenäisesti toimiva kansainvälinen suunnittelutoimisto, joka työllistää yli 1300 ammattilaista. Yrityksessä on maailman kärkiosaamista erityisesti öljynjalostusteknologiassa ja uusiutuvien bioteknologioiden alueilla. Öljynjalostajien lisäksi Neste Engineering Solutionsin asiakkaita ovat kaasu- ja petrokemian, kemianteollisuuden ja biotekniikan alan yritykset maailmanlaajuisesti. Neste Engineering Solutionsilla on projekteja mm. Euroopassa, Aasiassa, Lähi-idässä ja Amerikassa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Porvoon Kilpilahdessa osoitteessa Teknologiantie 36. Suomessa Neste Engineering Solutionsin sivutoimipaikat sijaitsevat Turussa, Kotkassa ja Oulussa.

Neste Engineering Solutionsilla on ulkomailla toimipisteitä, jotka sijaitsevat Singaporessa, Yhdistyneissä arabiemiirikunnissa, Azerbaidžanissa, Hollannissa, Norjassa ja Ruotsissa. Kaiken kaikkiaan Neste Engineering Solutionsilla on 11 toimipistettä. (Neste, 2018)



KUVA 1. Neste Engineering Solutionsin toimipisteet

Febdok-ohjelmaa käytetään ennestään jo Ruotsin toimipisteellä ja se otetaan käyttöön myös Suomen toimipisteillä. Ruotsissa ohjelman käyttö on jäänyt toistaiseksi melko vähäiseksi, eikä Nesteellä ole vielä luotu tarpeenmukaisia ohjeita ohjelman käyttöä varten.

2 SÄHKÖASENNUSSTANDARDIT

Tässä luvussa käsitellään Febdokin mitoitusperustan standardeja. Febdokiin on erikseen hankittavissa Norjan, Ruotsin ja Iso-Britannian mitoitusperustat.

Taulukko 1. Febdokin mitoitusperustat eri maille

Maa	Tunnus	Nimi
Suomi	SFS 6000	Pienjännitesähköasennukset
Ruotsi	SS 4364000	Elinstallationsreglerna. Elinstallationer för lågspänning - Utförande av elinstallationer för lågspänning
Norja	NEK 400	Elektriske lavspenningsinstallasjoner
Iso-Britannia	BS 7671	Requirements for Electrical Installations

Eri maiden standardit eivät ole identtisiä, mutta perusrakenne ja perusvaatimukset ovat kaikissa maissa samat. Kansalliset standardit eroavat toisistaan mm. sen takia, että mikä painos harmonisointiasiakirjasta on kussakin maassa otettu käyttöön. Lisäksi monissa maissa on käytössä kansallisiin erityisolosuhteisiin liittyviä poikkeamia ja lisästandardeja. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry.)

2.1 SFS 6000

Standardisarjalla SFS 6000 on suuri määrä käyttäjiä. Standardeja uusitaan suurempina kokonaisuuksina viiden vuoden välein ja nykyinen SFS 6000-standardisarja on uusittu syksyllä 2017, josta edellinen uusinta tehtiin vuonna 2012. Edellisen painoksen julkaisemisen jälkeen on esikuvastandardeihin tullut muutoksia. Ne on käyttöönotettu uusituina suomalaisina SFS 6000 -sarjan standardeina. (SFS ry.)

Febdokissa voidaan suorittaa mitoituksia vanhempien standardien mukaan. Tämä on mahdollista sen takia, jotta voidaan tehdä korjaus- ja muutostöitä, koska silloin vanhat

standardit saattavat edelleen olla voimassa. Febdokilla on mahdollista laskea aina vuoteen 2000 standardiin saakka, esim. Suomessa ohjelmalla laskettavia standardeja ovat SFS6000:2017, SFS6000:2012, SFS600:2007 ja SFS144:2000.

2.2 Dokumentointi

Sähköasennusten dokumentointiin liittyviä standardeja ovat SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346. Nämä sisältävät vaatimuksia, kuinka dokumenttien kaaviot, piirustukset ja taulukot tulee laatia.

SFS600-1-1, OSA 5-51 mukaan sähköasennusten dokumenteista tulee ilmetä erityisesti seuraavat tiedot:

- virtapiirien laji ja rakenne
- kulutuspisteiden sijainti
- johtimien lukumäärä, koko, johtolaji ja -tyyppi
- tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja niiden sijainti voidaan tunnistaa.

Lisäksi dokumenttien tulee sisältää suojaus- ja toimivuuden tarkistamista varten yksityiskohtaiset tiedot asennuksen jokaisesta piiristä siltä osin, kuin ne ovat tarpeen kussakin asennuksessa:

- johtimien tyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet, joita tarvitaan suojausta tai jännitteenalenemaa koskevien laskelmien tekemiseen
- suojalaitteiden mitoitusvirrat tai asettelut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt.

Nämä tiedot pitää olla käytettävissä asennuksen jokaisesta piiristä.

3 SÄHKÖLAITTEISTON SUOJAUS

Tässä luvussa käsitellään Febdokin laskennassa esiintyvää ja ohjelman käyttämiseen vaadittavaa teoriaa. Luku sisältää olennaisimmat osa-alueet sähkölaitteiston ominaisuuksista ja suojalaitteista.

Sähköasennuksen jokaisessa osassa on noudatettava yhtä tai useampaa suojausmenetelmää ja lisäksi pitää ottaa huomioon ulkoiset olosuhteet. Febdokissa tähän on todettava erityistä huomiota, koska ohjelma ei anna virhettä, jos yksikin seuraavista suojausmenetelmistä pätee mitoituksessa:

- Syötön automaattinen poiskytkentä.
- Kaksoiseristys tai vahvistettu eristys.
- Sähköinen erotus.
- Pienoisjännite SELV ja PELV.

3.1 Jakelujärjestelmät

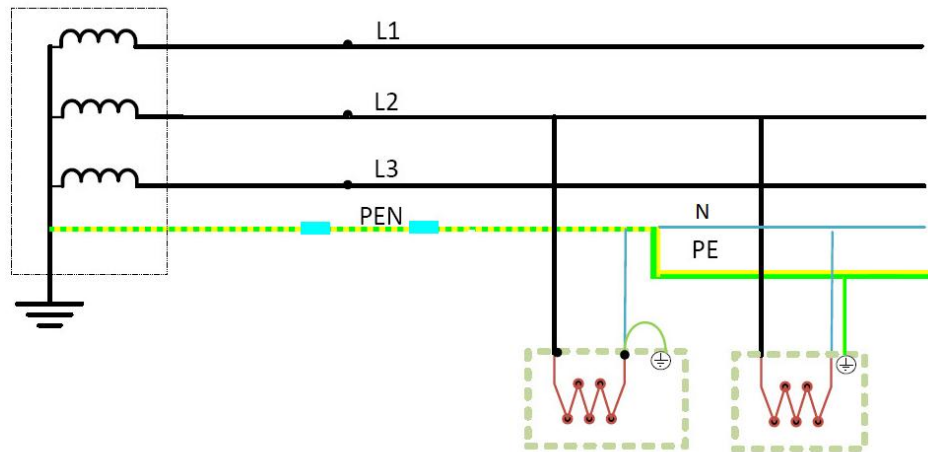
Jakeluverkon nimellisjännite on yleensä 230/400 voltia. Suurempaa jännitettä voidaan käyttää pienjännitejakeluverkossa, jos syöttö tähän verkkoon liittyviin sähköasennuksiin tapahtuu 230/400 voltin nimellisjännitteellä. Vaihtosähköjärjestelmät luokitellaan maadoitustavalla TN-, TT ja IT-järjestelmiin. TN-järjestelmät jaetaan lisäksi suojajohtimen käytön perusteella. (DI-2017, 402)

3.1.1 TN-Järjestelmät

TN-järjestelmässä virtapiirin yksi piste on suoraan maadoitettu, ja sähkölaitteistojen ja -laitteiden jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen suojajohtimen välityksellä. Tavallisesti kolmivaihejärjestelmän tähtipiste on maadoitettu. Teollisuus-, liike- ja asuinrakennusten sähköverkot ovat yleensä TN-järjestelmien mukaisia. (DI-2017, 63)

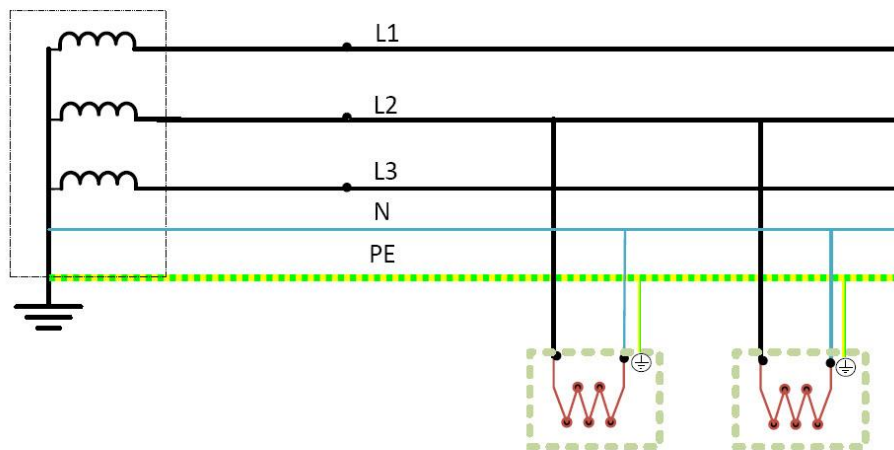
TN-järjestelmiin kuuluvat TN-C- ja TN-S-järjestelmät sekä näiden yhdistelmä TN-C-S-järjestelmä. TN-C-S järjestelmä on kaikkein tavanomaisin pienjänniteverkoissa. TN-C

järjestelmä on aina syöttävän verkon puolella TN-S järjestelmään nähden, koska toisistaan erotettua nolla- ja suojajohdinta ei saa kytkeä uudelleen yhteen PEN-johtimeksi. (DI-2017, 63)



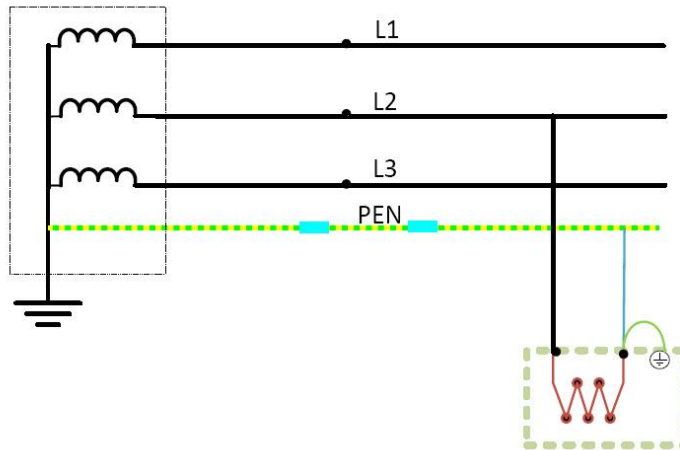
KUVA 2. TN-C-S järjestelmä. (TAMK, talotekniikka)

Vuodesta 1994 lähtien Suomessa on käytetty liittymispisteestä lähtien erillistä PE- ja N-johdinta. Erillinen suojamaajohdin lisää turvallisuutta ja vähentää häiriöitä. Mikäli järjestelmässä on muuntajalta asti erillinen suojamaadoitusjohdin, on tunnus TN-S. Kiinteistöjen sähköasennuksissa nollajohdinta käytetään yleisesti TN-S-järjestelmässä. Kuitenkin symmetrisissä ja yliaallottomissa kuormissa esim. moottorikäytöissä on nollajohdin yleensä tarpeeton eikä sitä käytetä. (DI-2017,63)



KUVA 3. TN-S järjestelmä. (TAMK)

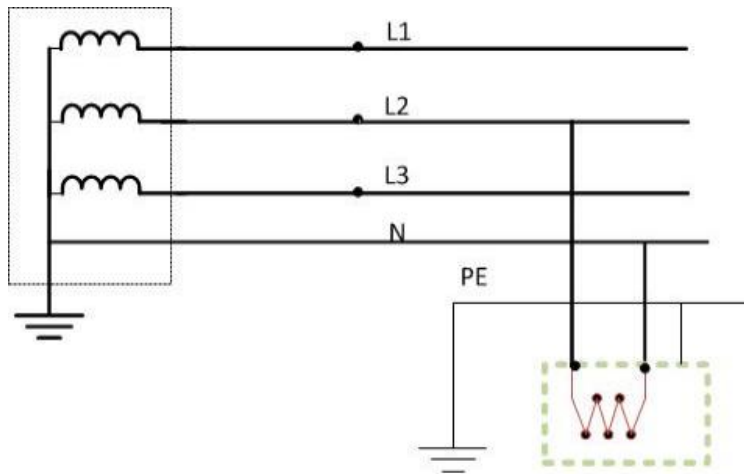
TN-C-järjestelmässä nolla- ja suojajohtimena käytetään samaa johdinta, eli PEN – johdinta. Kyseinen järjestelmä on edelleen käytössä rakennuksissa, joiden sähköasennukset on tehty ennen vuotta 1994. Haittapuolena TN-C järjestelmässä on PEN-johtimen katkeaminen, joka aiheuttaa välittömän vaaratilanteen. Tällöin laitteen sisäisen impedanssiin sekä nolla- ja suojajohtimen väliselle lenkille syntyy vaihejännite, ts. runko muuttuu jännitteelliseksi. Saneerauskohteissa TN-C järjestelmää voidaan käyttää, kun johtimien poikkipinta on vähintään 10 mm² kuparia tai 16 mm² alumiinia. PEN-johdinta ei kuitenkaan voi käyttää uudiskohteissa liittymiskohdan jälkeen. TN-C järjestelmää käytetään yleisesti jakeluverkoissa. (DI-2017,63)



KUVA 4. TN-C järjestelmä (TAMK)

3.1.2 TT-Järjestelmät

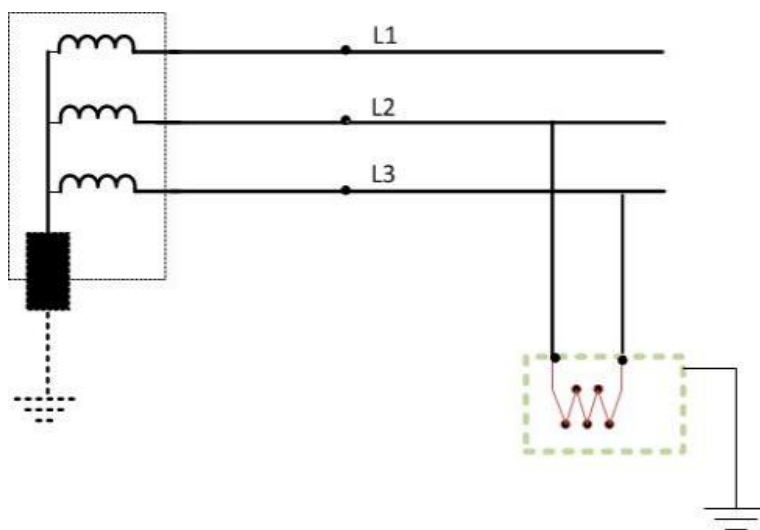
TT-järjestelmässä virtapiirin yksi piste on suoraan maadoitettu, joka on yleensä muuntajan tähtipiste. Laitteiden jännitteelle alttiit osat maadoitetaan erillisen tai erillisten maadoituselektrodien avulla. TT-järjestelmien suurimpana etuna pidetään sen maadoituksen häiriöttömyyttä. Siksi sitä käytetäänkin esimerkiksi tietoliikennejärjestelmissä, joissa hyödytään häiriöttömästä maadoituksesta. TT-järjestelmässä ei myöskään esiinny vakavaa riskiä nollajohtimen katketessa. Tätä järjestelmää ei Pohjoismaissa varsinaisesti käytetä, mutta poikkeustapauksissa sitä voidaan käyttää pitkien syöttöjohtojen päässä yksittäisissä paikallisissa asennuksissa, kuten pumppaamoissa. (DI-2017,66)



KUVA 5. TT-järjestelmä (TAMK)

3.1.3 IT-Järjestelmät

IT-järjestelmissä ei virtapiirin osia kytketä maahan, vaan laitteen maadoitus kytketään erilliseen maadoituselektrodiin tai suojajohtimen välityksellä syöttävän verkon maadoitukseen. Nollajohdinta ei yleensä käytetä IT-järjestelmissä. Vaikka IT-järjestelmä on maasta erotettu, voidaan virtapiirin soveltuva piste kytkeä maahan impedanssin avulla, jonka koko määräytyy käyttökohteen mukaisesti. IT-järjestelmää käytetään yleisesti teollisuuden sähköjakelussa, sairaaloiden leikkaussaleissa ja ohjauspiireissä. (DI-2017,66)



KUVA 6. IT-järjestelmä (TAMK)

3.2 Teollisuusverkon pienjänniteverkon rakenne

Teollisuusverkon rakenne luokitellaan kolmeen päätyyppiin:

- keskitetty jakelu,
- porrastettu jakelu,
- hajautettu jakelu.

Käytännössä teollisuusverkon rakenne sisältää osia useammasta tai kaikista päätyypeistä. (Teollisuuden sähkökäytöt, Lauri Hietalahti)

3.2.1 Keskitetty jakelu

Kaikki moottorilähdöt ovat keskitettynä pääkeskuksiin, jonka etuna on suuri oikosulkukestävyys. Etuna on, että kojeistot sijaitsevat yhdessä sähkötilassa ja rakenne on helppo suunnitella. Haittapuolena on häiriöiden ulottuminen keskusten syöttämälle prosessin osalle. (Teollisuuden sähkökäytöt, Lauri Hietalahti)

3.2.2 Porrastettu jakelu

Porrastus toteutetaan käyttämällä pääkeskus-alakeskus jakelujärjestelmää. Etuna on oikosulkuvirtojen rajoittaminen alakeskuksiin, jolloin komponenttien mitoitus voidaan tehdä pienempien virtojen mukaan. Järjestelmä mahdollistaa kaapelipituuksien optimoimisen, kun alakeskukset voidaan sijoittaa kuormalaitteiden läheisyyteen. (Teollisuuden sähkökäytöt, Hietalahti)

3.2.3 Hajautettu jakelu

Sähkökäyttöjen ohjauslaitteet sijoitetaan moottorien välittömään läheisyyteen. Etuna on edullisuus, sillä ratkaisussa käytetään kenttäväyläohjausta. (Teollisuuden sähkökäytöt, Hietalahti)

3.3 Kuormitettavuus

Kaapeleiden optimaalinen mitoitus on yksi keskeisimmistä vaiheista suunniteltaessa sähköasennuksia. Kaapeleiden johtimien koot vaikuttavat suoraan kuormitettavuuteen, oikosulkuvirtaan ja jännitteen alenemaan. Johtimien poikkipinta-alan suuruuteen vaikuttavat ensisijaisesti kuormitusvirta ja sen aiheuttama lämpeneminen. Johtimien kuormitettavuuteen taasen vaikuttavat ympäristön lämpötila, asennustapa, johdin- ja eristämateriaali sekä muiden kuormitettavien kaapeleiden läheisyys.

Vuonna 2017 uudistetussa SFS 6000 -standardissa on siirrytty kaapeleiden kuormitettavuuksien osalta suoraan IEC-esikuvastandardien mukaisiin taulukoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmassa käytettäville kaapeleille referenssilämpötila on 30 °C aiemmin käytetyn 25 °C sijaan ja maahan asennettavien kaapeleiden osalta referenssilämpötila taulukoilla on 20 °C aiemmin käytetyn 15 °C sijaan. Tämän lisäksi maan lämpöresistiivisyys on muuttunut 2,5 K m/W arvoksi, entisen 1,0 K m/W arvon sijaan. (DI-2017, s.224.)

3.4 Jännitteen alenema

Jännitteen alenemalla tarkoitetaan siirtoyhteyden syöttöpään ja kulutuspaan välillä olevaa jännite-eroa. Suhteellinen jännitteen alenema ilmoitetaan tyypillisesti prosenttisuhteena jännitteen nimellisarvoon nähden seuraavasti

$$\Delta U(\%) = \left(\frac{|U_1| - |U_2|}{|U_1|} \right) \times 100\%. \quad (1)$$

SFS 6000 - käsikirja sisältää suosituksia jännitteen alenemasta liittymän sähköverkossa. Suositukset eivät ole kuitenkaan velvoittavia, ellei erikseen näin ole sovittu. Normaalis- sa pienjänniteverkossa syötetylle laitteelle jännitteen alenema saisi olla maksimissaan 5 %. Valaistuskuormalle vastaava suositus on 3 %. (DI-2017, 242)

3.5 Suojaustyypit

Pienjännitesähköasennuksien suojauksien toteutumisessa täytyy varmistaa vikasuojauksen, ylikuormitussuojan ja oikosulkusuojan toteutuminen.

3.5.1 Ylikuormitussuojaus

Virtapiirit on suojattava ylikuormitussuojalla siten, että ylikuormitusvirta katkaistaan, ennen kuin lämpötila nousee eristysten, jatkosten, liitosten tai johtimien kannalta vahingollisen suureksi. Normaalisti käytetään yhteistä ylikuormitus- ja oikosulkusuojaa, jolloin tulee suojalaitteen nimellisvirta valita siten, että se suojaa johtoa myös ylikuormitukselta. Ylikuormitussuojauksen on SFS 6000:n mukaan täytettävä seuraavat ehdot johdinten osalta:

$$\begin{aligned} I_B &\leq I_n \leq I_z \\ I_2 &\leq 1.45 \times I_z, \end{aligned} \tag{2}$$

jossa

- I_B = Suunniteltu virta
- I_n = Ylikuormitussuojan nimellisvirta
- I_z = Johtimen kuormitettavuus
- I_2 = Ylikuormitussuojan toimintarajavirta

(Sähkövoimatekniikan perusteet, Lauri Hietalahti)

Kun ylikuormitussuoja ja sen katkaisukyky on riittävä, suojaa se myös oikosulkuvirran lämpövaikutuksilta. Periaatteessa silloin ei oikosulkulaskelmaa tarvitse tehdä. (Febdokkurssi, 2018)

3.5.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojan tehtävä on kytkeä oikosulku pois päältä, ennen kuin johtimien lämpötila kasvaa liian suureksi ja välttää palovaaralta. Oikosulku tapahtuu, kun kahden tai useamman eri jännitteisen piirin osat kytkeytyvät pienen resistanssin tai impedanssin kautta toisiinsa. Tällainen tilanne voi syntyä, jos eriste on heikentynyt tai piirissä syntyy ylijännitettä. Lisäksi virheellinen kytkentätoimenpide tai sähköisen piirin mekaaniset vauriot voivat aiheuttaa oikosulun. (Teollisuuden sähkökäytöt, 176)

Moottorikäyttöjen oikosulkusuojaus ei saa toimia jatkuvien, pitkäaikaisten ylikuormitusten yhteydessä, moottorin käynnistymisessä, muuntajan kytkentävirtasysäyksessä tai oikosulun jälkeisessä suurella virralla. Pelkästään oikosulkusuojana toimivan sulakkeen nimellisvirta ei saa olla suurempi kuin ylikuormitussuojaan merkitty suurin sallittu etusulakkeen nimellisvirta. Oikosulkusuojaksi soveltuva suojalaite on mm. aM-tyyppinen sulake, jota käytetään moottorien oikosulkusuojana. (DI-2017, 135)

Oikosulkusuojaus turvaa edellä mainituista tilanteista. Oikosulun poiskytkentäajan saadaan kaavalla

$$t = \left(k \times \frac{A}{I} \right) \times 2, \quad (3)$$

jossa

t = Aika (s)

k = johdin- ja eristemateriaalista riippuva kerroin

A = johtimen poikkipinta-ala (mm^2)

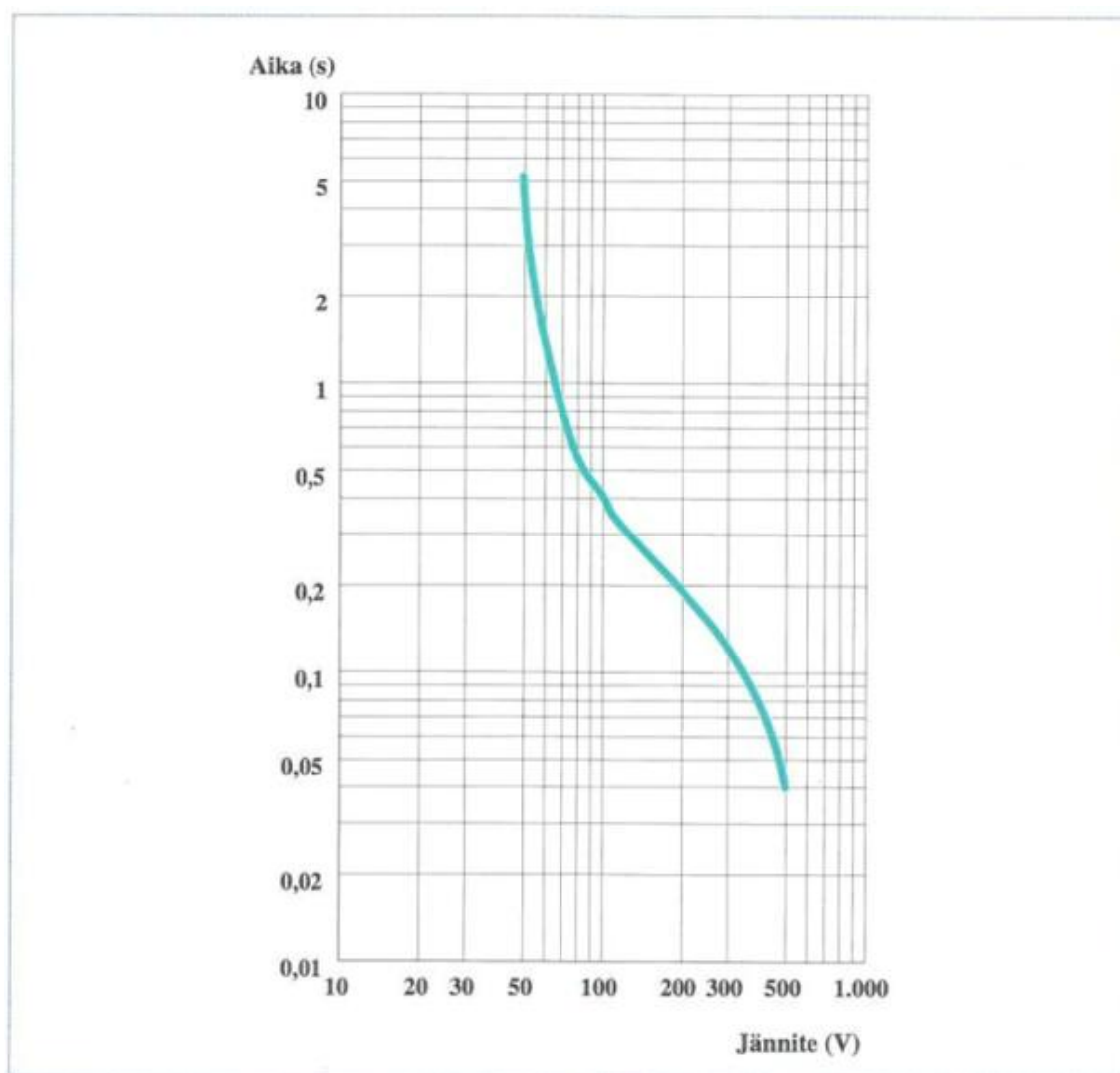
I = Oikosulkuvirta (A).

Kaava on validi enintään 5 sekuntia kestävässä oikosulkutilanteissa, koska se perustuu sille olettamalle, että oikosulun luoma lämpö lämmittää kaapelia. Jos oikosulku kestää viittä sekuntia kauemmin, alkaa johdin luovuttaa lämpöä ympäristöön, eikä kaavassa ole lämmön luovutusta huomioitu. (Sähköala, 2010)

3.5.3 Vikasuojaus

Oikosulkusuojaus- ja vikasuojausvaatimukset ajoittain sekoitetaan, vaikka suojausehdot eroavatkin selvästi toisistaan. Vikasuojauksessa tarkastellaan vikaa vaihejohtimen ja suojajohtimen välillä. Siinä pyritään suojaamaan eristysvian seurauksena laitteen rungossa esiintyvä jännite. Vian täytyy kytkeytyä pois 0,4 sekunnissa enintään 32 A ryhmä johdoilla ja yli 32 A johdoilla sallitaan enintään 5 sekunnin vian poiskytkentäaika. Suojaus yleensä toteutetaan ylivirtasuojilla, mutta jos oikosulkuvirta ei kuitenkaan ole riittävä, voidaan syötön automaattisena poiskytkentänä käyttää vikavirtasuojaa. (Sähköala, 2010)

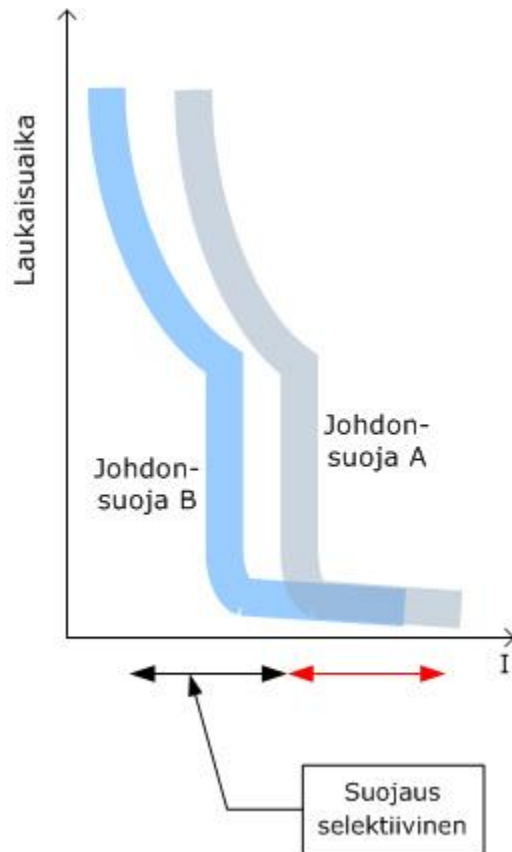
Kun suojaus todetaan toimivaksi, voidaan lisäksi pienentää kosketusjännitteen suuruutta suojaavalla potentiaalitasauksella. Potentiaalitasauksella saadaan syntyvä kosketusjännite saatettua turvalliselle tasolle. Kuvassa 7 on kosketusjännite ajan suhteen, mutta kuvan mukaista käyrää ei käytetä suoraan sallittua poiskytkentäaika määrittäessä. Käyrässä on poiskytkentäajat, jotka kattavat kaikki mahdolliset vikatilanteet.



KUVA 7. Kosketusjännitteen sallitut vaikutusajat (DI-2017, 85)

3.6 Selektiivisyys

Selektiivisyys saavutetaan, kun pelkästään lähimpänä vikakohtaa oleva suojalaite toimii. Tähän kuuluisi aina pyrkiä, jotta katkokset saadaan eristettyä mahdollisimman pienelle alueelle. Selektiivisyyttä ei ole aina kuitenkaan mahdollista toteuttaa, sillä se voi johtaa kohtuuttomiin ylimitoituksiin.



KUVA 8. Selektiivisyyden tarkistaminen ominaiskäyrästä. (DIGMA. 2016)

Johdonsuojakatkaisijoiden suojaus on selektiivinen, kun johdonsuoja B:n sulamispiste on suurempi kuin johdonsuoja A:n. Suojalaitteiden selektiivisyyttä oikosulkutilanteissa tarkastellaan suojalaitteiden I^2t -arvojen, eli suojalaitteen läpimenevän energian avulla. Etusulakkeen kokonaisen I^2t -arvon on oltava suurempi kuin kuormalle menevän sulakkeen sulamis- ja toimintapiste arvot. (Sähköala, 2010)

$$I^2t_{\min(a)} > I^2t_{\max(b)}, \quad (4)$$

Jossa

$I^2t_{\min(a)}$ = etusulakkeen sulamispiste

$I^2t_{\max(b)}$ = lähtösulakkeen toimintapiste

Sulakkeiden valmistajat yleensä ilmoittavat porrastuksen suojalaitteiden selektiivisyyden saavuttamiseksi, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää kahden portaan mittainen ero sulakkeilla, jotta saavutetaan suojalaitteiden keskinäinen selektiivisyys.

3.7 Laitteiston oikosulkukestoisuus

Terminen I_{th} , dynaaminen I_{dyn} ja prospektiivinen oikosulkuvirta I_k , ovat laitteiston fyysistä virtakestoisuutta kuvaavia suureita ja niitä käytetään keskuksia mitoitettaessa. Terminen oikosulkuvirta aiheuttaa piirin läpi mennessään termisen rasitteen ja lämmittää komponentteja. Dynaaminen ja prospektiivinen oikosulkuvirta ovat keskuksen mitoittamisen kannalta tärkeitä, ja ne on hyvä tietää jo keskusta suunniteltaessa. (Hölttä 2014, 14)

3.7.1 Terminen oikosulkuvirta

Terminen oikosulkukestoisuus I_{th} ilmoitetaan suurimpana sallittuna virta-arvona, jonka aikana keskuksen komponentit säilyvät vaurioitumatta. Koska oikosulkuvirran suuruus ei ole vakio, vaan se vaihtelee tapauskohtaisesti, on määriteltävä yhden sekunnin keskimääräinen tehollinen oikosulkuvirta, joka on yhtä suuri kuin terminen oikosulkuvirta.

3.7.2 Prospektiivinen oikosulkuvirta

Prospektiivinen oikosulkuvirta I_p tarkoittaa virtaa, joka syntyy keskuksen virtapiirissä, kun virtaa rajoittavat keskuksen suojalaitteet korvataan merkityksettömän pienellä impedanssilla, eli käytännössä johtimella. Kyseessä on siis suurin oikosulkuvirta, joka määrittyy keskuksen impedanssista ja jännitetasosta. Keskus oikosulkusuojataan prospektiivisen virran mukaan ja tilaajan tulee ilmoittaa prospektiivisen oikosulkuvirran suuruus.

3.7.3 Dynaaminen oikosulkuvirta

Sysäysoikosulkuvirraksi kutsuttu dynaaminen oikosulkuvirta I_{dyn} tarkoittaa suurinta mahdollista oikosulkuvirtaa, joka yleensä saavutetaan 10 ms oikosulun jälkeen. Keskuksia mitoitettaessa on tärkeää selvittää dynaaminen kestovirta, joka kuvaa oikosulun

voimavaikutuksia laitteistoilla. Dynaaminen oikosulkuvirta on kestoaltaan nopea ja aiheuttaa äkillisen magneettikentän muutoksen, joka voi aiheuttaa suuria voimia, jotka huonosti suunnitellussa järjestelmässä voivat rikkoa esimerkiksi hyllykannakkeita tai keskuksen rakenteita. Keskusten komponentit ja rakenteet mitoitetaan dynaamisen kestovirran mukaan. Tämän määrittämiseen tarvitaan suurinta pienjännitepuolella esiintyvää oikosulkuvirtaa. Etukojeilla, kuten sulakkeilla on mahdollista rajoittaa dynaamista oikosulkuvirtaa. (Hölttä 2014, 15)

4 LASKENTAOHJELMIEN VERTAILU

Sähköasennusten suunnitteluun ja mitoitukseen on olemassa olevia työkaluja paljon, varsinkin jos on valmis käyttämään ohjelmia muulla kuin suomenkielellä. Usealla suojalaittevalmistajalla on oman brändinsä mukainen mitoitusohjelma, kuten ABB:lla, Siemensillä ja Schneiderillä. Näillä kaikilla ohjelmilla on kuitenkin yhteinen heikkous, sillä niissä voidaan käyttää vain kyseisen valmistajan suojalaitteita. Tosin ei parane unohtaa näiden ohjelmien edullisuutta – ne ovat ilmaisia.

Tässä luvussa vertaillaan kahta eri ohjelmaa, Febdok-ohjelmaa ja Neste Engineering Solutionsin omaa Excel-laskentaohjelmaa. Kappaleessa 4.1 ja 4.2 sisältää yleistä teoriaa kummastakin ohjelmasta. Lisäksi pohditaan onko Febdok ylivertainen yksinkertaiseen Excel-laskentaohjelmaan ja mitä Febdok tuo suunnittelijan työkaluarsenaaliin lisää.

4.1 Excel-laskentaohjelma

Neste Engineering Solutionsin käytössä on ollut pidemmän aikaa Excel-pohjainen laskentataulukko, jonka ylläpitäminen on suunnittelijoiden vastuulla. Ohjelman pääsääntöinen tarkoitus on laskea ja tarkastaa oikosulkuvirtojen riittävyys keskuksilla ja ryhmäjohtojen päässä. Ohjelma lisäksi ilmoittaa onko kosketusjännite sallituissa rajoissa. Sillä voidaan myös laskea alakeskuksien kaapelien maksimi kaapelipituudet sekä kuormitusvirrat sallituilla jännitehäviöillä. Ohjelman laskelmat perustuvat SFS 6000 standardiin.

Excel-laskentaohjelmassa on kolme eri lehteä. Ensimmäisen lehden taulukolla lasketaan syötön minimioikosulkuvirta suojauksen poiskytkentäaikojen määrittämiseksi. Lehteä 1 käytetään vain silloin, jos tarkempaa oikosulkutarkastelua ei ole verkosta käytettävissä. Laskenta laskee muuntajan syöttämän oikosulkuvirran, eikä ota huomioon muuntajan edeltävää verkkoa.

Toisella lehdellä sijaitsevalla taulukolla lasketaan oikosulkuvirta sarjaan asennetuille kaapeleille. Ohjelma ei valitse komponentteja automaattisesti, vaan ne valitaan manuaalisesti. Käyttäjän valitessa kaapelin, taulukko hakee samalta lehdelta kaapelille oikeat impedanssiarvot. Edelleen taulukko laskee automaattisesti oikosulkuvirrat ja vertaa niitä valittujen suojalaitteiden arvoihin. Kolmannen lehden taulukolla voidaan laskea mak-

simipituudet ja – kuormat kaapeleille. Taulukko on rakenteeltaan samanlainen kuin toisen lehden taulukkokin.

Taulukot ovat suunniteltu erittäin selkeiksi ja uusikin käyttäjä ymmärtää, mitä tietoja taulukko antaa, sekä mitä niihin tulee syöttää. Taulukoista kuitenkin puuttuu hyödyllisiä ominaisuuksia ja koko ohjelmalle olisikin tarvetta tehdä perusteellinen päivitys. Kaapelitiedot tulisi vähintäänkin tarkastaa, koska osa saattaa niistä olla jo vanhentuneita. Excel-laskentaohjelmasta puuttuu ylikuormitussuojan huomioon ottaminen ja ohjelmassa voidaan pelkästään valita yhdistetty suojalaite, eli sulake tai johdonsuojakatkaisija, joka valitaan ainoastaan oikosulun perusteella. Normaalisti käytetään yhdistettyä suojalaitetta, joka suojaa oikosululta että ylikuormitukselta, mutta nämä voidaan toteuttaa myös kahdella erillisellä suojalaitteella. Ohjelma ei myöskään huomioi asennustapoja, vaikka sillä on suuri merkitys saatuihin tuloksiin. Tasajännitteitäkään ei ohjelmalla voida laskea.

Excel-laskentaohjelman tietokanta on varsin mitätön verrattuna Febdokiin. Kestäisi ikuisuuksia, jos Excelliin päivitettäisiin Febdokiin verrattava tietokanta. Vaikka Excel-laskentaohjelma päivitettäisiin perinpohjin ja lisättäisiin kaikki halutut ominaisuudet ohjelmaan, vaatisi se ensinnäkin mittavasti tunteja, sekä sen ylläpitäminen ajan tasalla olisi aikaa vievää. Pelkästään tämän takia kaupallinen versio on sijoituksensa arvoinen, kun ylläpito saadaan ulkoistettua eri taholle, jolloin samalla saadaan pitkäikäisyyden kannalta paras mahdollinen ratkaisu.

4.2 Febdok 6.0.98

Pienjännitesähköasennusten mitoittamiseen ja dokumentointiin tarvitaan erilaisia apuohjelmia, ja Febdok kykenee tekemään näistä molemmat. Tämän ohjelma loi Norjan sähköurakoitsijaliitto Nelfo vuonna 1991, joka edelleen aktiivisesti päivittää standardien mukaisesti Febdok-ohjelmaa. Ohjelmaa käytetään laajalti Pohjoismaissa ja Iso-Britanniassa ja sitä pääsääntöisesti käyttävät sähkösuunnittelijat, -urakoitsijat ja koulutuslaitokset. Suomessa ohjelmaa käyttää n. 100 yritystä, joissa käyttäjiä on yhteensä yli 1000. Febdokin suomenkielinen versio on tehty Sähköinfo Oy:n ja Nelfon yhteistyöllä ja Sähköinfo myy ja ylläpitää Febdokia yksinoikeudella Suomessa.

Febdok on helppokäyttöinen ohjelma visuaalisuutensa ansiosta ja erottuu ehdottomasti muista vastaavista työkaluista edukseen. Jo suunnitellun verkon muokkaaminen on nopeaa ja kaikki muutokset näkyvät reaaliajassa. Febdok ilmoittaa heti muutoksien aiheuttamat virheet punaisella tai sinisellä värillä, mikäli suunniteltu verkosto ei täytä standardien vaatimuksia. Febdokin yhtenä suurimmista eduista on sen valtava tietokanta, joka sisältää yli 10 000 komponenttia eri valmistajilta. Tietokantaa pitävät ensikädessä yllä valmistajat ja se sisältää myös vanhentuneita komponentteja korjaus- ja muutostöiden varalta.

Sähkösuunnittelun laskentaan ja dokumentointiin kuluva aika saadaan helposti minimoitua Febdokilla, sillä Febdok tekee laskelmat ja tulostaa tarvittavat dokumentoinnit sähkösuunnitelmien rinnalle. Febdok edelleen tarjoaa laskentatulosten ja lähtötietojen esittämiseksi yli 20 erilaista tulostetta, joita voidaan tulostaa tarpeen mukaan. Yksinkertaisessa asennuksessa taulukkotulosteet riittävät, mutta monimutkaisissa kohteissa voidaan tulostaa tarkemmat mitoitustulokset ryhmäkohtaisesti. Tämän lisäksi suuremmat piirit voidaan tulostaa aina A0-kokoon asti.

Febdokin ominaisuudet:

- Laskee oikosulku- ja vikavirrat
- Laskee kosketusjännitteen ja jännitteenaleneman
- Valitsee johtimet, virtakiskot ja suojalaitteet
- Tarkistaa suojalaitteiden oikosulun katkaisukyvyyn ja katkaisuajan
- Tarkistaa suojalaitteiden välisen selektiivisyyden
- Tarkistaa backup-suojauksen
- Tuottaa tarvittavat dokumentit urakoitsijoille, tarkastajille ja sähkölaiteiston haltijoille
- Laskee UPS-verkon sekä verkosyöttö että akkusyöttötilanteessa
- Laskee muuntaja-asennusten ensiö- ja toisiopuolen suuret
- Laskee generaattorijakelun (vaatii lisäosan)

(Nelfo, 2018)

Dokumentit ja raportit:

- Kansisivu
- Päätiedot
- Asennuksen yksiviivainen pääkaavio
- Keskuksen pääkaavio
- Keskuksen virtapiirit
- Vikavirrat keskuksissa
- Yksityiskohtaiset virtapiiritiedot
- Suojalaitteiden asettelut
- Laskelmien tulokset
- Virtapiiritiedot
- Selektiivisyysanalyysit
- Vikailmoitukset virtapiireille
- Poikkeamakaavio
- Kaapeli-, virtakisko- ja ylivirtasuojalaitetyypit
- Vaatimustenmukaisuusvakuutus
- UPS-kysely
- Generaattorikysely

Febdokiin tehtiin päivitys vuoden 2016 loppupuolella, jossa parannettiin ohjelman graafista käyttöliittymää ja -mukavuutta. Päivityksessä laajennettiin niin perusominaisuuksia, kuten myös selektiivisyystarkastelua sekä piirikohtaisten lisätietojen käyttöä. Febdokin kehityspäällikkö Tor Christian Mortensenin mukaan Febdok oikeasti toimii ja sen antamat tulokset ovat luotettavia ja vertailukelpoisia. (Sähköala, 2016) Perusteellisen päivityksen seurauksena ohjelmaan tuli lisäksi ohjelmointivirheitä ja opinnäytetyön aikana havaittiin yksi ohjelmointivirhe. Virheessä Febdok antoi valita kolmijohdinkaapelin, vaikka tilanteessa minimivaatimus oli neli- tai viisijohdinkaapeli. Sähköinfon tekninen asiantuntija lähetti virheen päivitettäväksi norjalaisille ja arvioituksi ohjelmointivirheen korjaamiseksi annettiin yksi kuukausi, joka on nopeaa ottaen huomioon, että ohjelmaan suoritetaan valtakunnallinen päivitys.

Febdok-ohjelma on varsin kankea, kun se ei tue olennaisia pikakomentoja esim. kumoa- tai toista-painiketta. Näitä ei ohjelmassa sijaitse edes työkalupalkissa. Febdokista puuttuu sängen olennaisia asioita, joita käyttäjä jää kaipaamaan, esimerkiksi luodun piirin rakennetta ei voi muuttaa millään lailla, vaan ohjelma luo piirin kokonaan automaattisesti. Tosin tämä voidaan katsoa niin positiiviseksi kuin negatiiviseksi piirteeksi.

4.3 Febdok verrattuna Excel-laskentaohjelmaan

Febdokin edut Neste Engineering Solutionsin omaan Excel-laskentaohjelmaan verrattuna ovat:

- Laaja komponenttitietokanta eri valmistajilta
- Ylläpito eri taholla
- Projektien laskennat saadaan samaan paikkaan ja niitä on helppo jakaa, sekä muokata suunnittelijoiden välillä
- Projektinhallinta
- Koko verkon mallinnus kerralla
- Selektiivisyysanalyysi
- Valmis dokumentaatio SFS 6000 mukaisesti
- UPS-verkkojen laskenta verkko- ja akkusyöttöinä
- Usean eri jännitetason laskenta
- DC-piirien laskenta
- Laskennoissa käytössä eri maiden mitoitusperustoja
- Laskennoissa huomioitu asennustavat sekä edeltävä verkko.

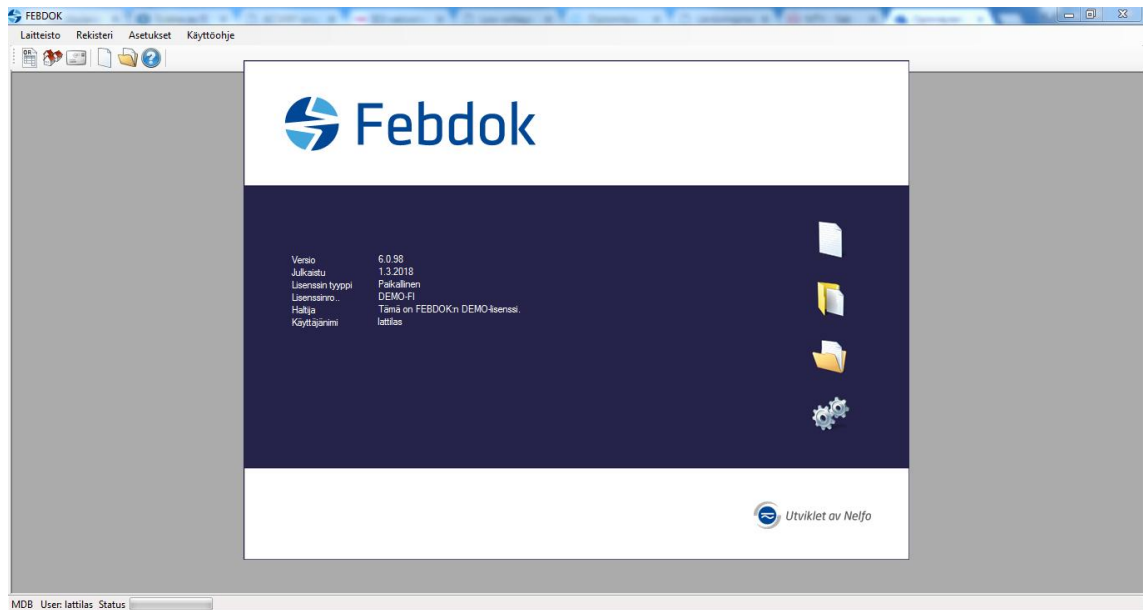
Neste Engineering Solutionsin päätyminen Febdokiin Excel-ohjelman sijasta voidaan pääpiirteittäin sisällyttää kolmeen asiaan. Kuten sanottu, Excel vaatii ylläpitoa. Ulkoinen ohjelma tarjoaa paitsi enemmän ominaisuuksia, myös paremman varmuuden laskentojen tarkkuudelle ja oikeellisuudelle. Lisäksi suojauslaskelmien todentamisen vaatimukset ovat ajan saatossa kasvaneet, joten Excel-laskentaohjelma on jäänyt senkin suhteen riittämättömäksi työkaluksi.

5 PIENJÄNNITEVERKON SIMULOINTI FEBDOKILLA

Työn yhtenä perimmäisenä tavoitteena on tuottaa Neste Engineering Solutionsille esimerkkimitoituksia, joten simuloitavaksi pienjänniteverkoksi valittiin suoraviivainen kuvitteellinen moottoripiiri. Verkossa simuloidaan piiri muuntajalta pääkeskukselle ja pääkeskuksesta ryhmäkeskukselle asti. Ryhmäkeskuksessa on moottorilähtöjä vaihtelevissa asennustavoissa, jotka ovat suojattu erilaisilla suojalaitteilla. Valittujen komponenttien tiedot haettiin ABB:n katalogeista. (Liite 1 ja 2) Esimerkkimitoituksessa esitetään kaikki ohjelman työvaiheet johdonmukaisessa järjestyksessä, joten käyttäjä voi toistaa esimerkkimitoituksen.

Yleisesti ei ole teknis-taloudellista mallintaa koko sähköverkkoa, vaan voidaan mallintaa pelkästään verkon pahimmat pisteet, joista lasketaan suojauksen toimivuus. Koska kun suojaus suojaa komponentit pisimmässä kaapelissa, suojaa se myös komponentit sitä lyhyemmissä syötöissä. Vaikka standardin mukaan (luku 2.1) jokaisesta piirin asennuksesta tulisi esittää tarvittavat laskentatiedot, ei ns. turhia laskentoja tarvitse simuloinnissa mallintaa, jos on todennut suojausten toimivan pisimmissä ja pahimmissa samankaltaisissa kuormissa.

Kun ohjelman on käynnistänyt ja kirjautunut sisään, avautuu Febdokin aloitussivu. Aloitussivulla voidaan painaa kerran harmaata aluetta, jolloin Febdokin tuotetiedot häviävät. Hävinnyttä ikkunaa ei tarvitse mihinkään, koska Febdokissa useasta sijainnista päästään samaan paikkaan.



KUVA 9. Febdokin aloitussivu

5.1 Järjestelmän asetukset

Febdokissa kannattaa määrittää ensimmäiseksi ohjelman vakioasetukset. Nämä asetukset ovat tämän jälkeen voimassa myös tulevissa projekteissa. Asetuksia voi muokata valitsemalla aloitussivun työkalupalkista: Asetukset → Oletusasetukset. Oletusasetuksista voi muokata jakelutyyppiä, verkon taajuutta, järjestelmän jännitettä, piirien oletusetuliitettä, edeltävän verkon oikosulkuvirran arvoja ja jännitteen alenemaa. Piirien oletusetuliitteeksi valittiin R ja jännitteenalenneman varoitustaso vaihdettiin standardin suositusten mukaisesti viiteen prosenttiin. Loput asetukset jätettiin Febdokin oletusarvoihin.

Järjestelmän asetus

Laitteisto

Yleiset asetukset

Kaapelluettelo

Suoja

Käyttäjien oikeudet

Värit

Haltija

Tuki

Jakelutyyppi: TN-C-S

Järjestelmän jännite: 400 V

Verkkotaajuus: 50 Hz

Oletus etuliite piireille: R.

Jännitteenalennema

Varoitustaso kokonaan: 5,0 %

Varoitustaso jakokeskuksille: 3,0 %

☐ Käytä kuormitusvirtojen summaa

Maks 3p oikosulku

Ik	10	kA
cos φ	0,8	
R+	0,02032	Ω
X+	0,01524	Ω

Maks 1p maasulku (PEN)

Ik	3,5	kA
cos φ	0,8	
ROPE	0,13355	Ω
XOPE	0,10016	Ω

Min 2p oikosulku

Ik	1,5	kA
cos φ	0,9	
R+	0,108	Ω
X+	0,05231	Ω

Min 1p maasulku (PEN)

Ik	1	kA
cos φ	0,9	
ROPE	0,34518	Ω
XOPE	0,16718	Ω
Zs	0,20785	Ω

Ok

Peruuta

Kehittyneet näytöt

Tyhjennä tiedot

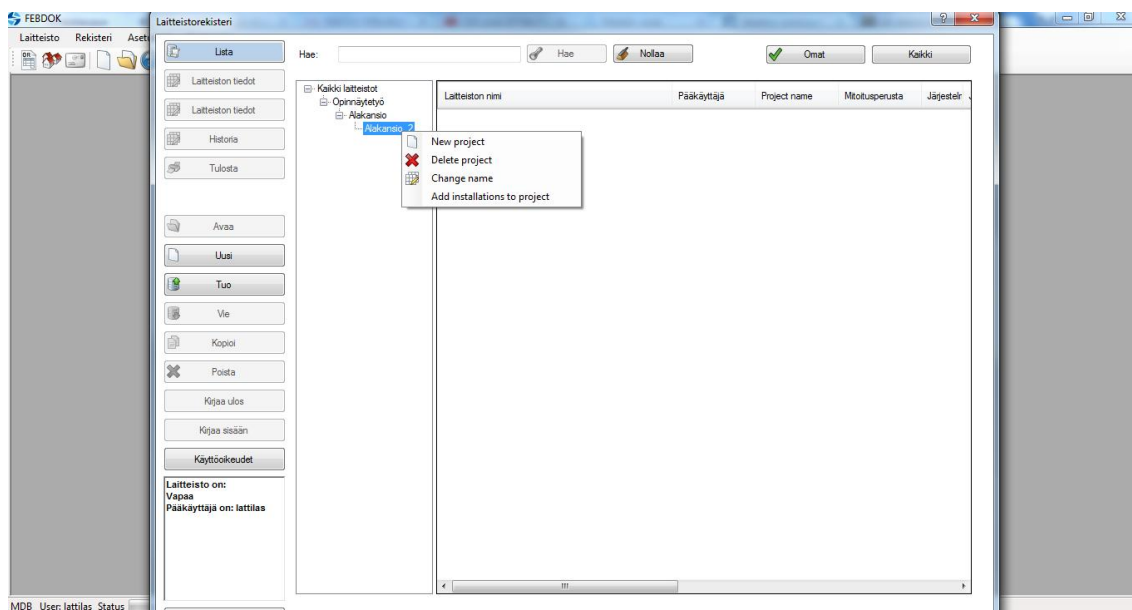
FEBDOK oletusarvot

KUVA 10. Järjestelmän oletusasetukset

Asetuksista saadaan muokattua eri sarkaimista yrityksen logoa sekä useimmiten käytettäviä valmistajien suojalaitteita ja kaapelityyppejä. Ohjelma ehdottaa mitoitusta tehdesä komponentteja näiden asetusten mukaisesti. Varsinaisessa mallinnuksessa saadaan kuitenkin kaikki komponentit näkyviin, joten oletuskomponenttien valitseminen ei ole välttämätöntä.

5.2 Projektinhallinta

Isossa organisaatiossa on tärkeää luoda projektit oikeisiin kansioihin. Laskentojen lisääntyessä on järkevää sijoittaa laitteistot omiin projektikansioihin, jotta laitteistorekisteri pysyy hallinnassa. Projektikansiot voidaan nimetä projektitunnuksien mukaan. Jos projektitunnuksen alla on monta eri projektia, voidaan projektille tehdä alaprojektikansioita, jotka saadaan luotua hiiren oikeasta korvasta. Projektihallintaan päästään laitteistorekisteristä, joka sijaitsee työkalupalkissa: Rekisteri → Laitteistorekisteri. (Febdok-opas, 2018)



KUVA 11. Uusien projektikansioiden luominen

Nesteellä on käytössä verkkolisenssi Febdokista, joka tarkoittaa sitä, että saman lisenssin alaisuudessa toimivat käyttäjät näkevät muiden käyttäjien tekemät mitoituset. Muiden käyttäjien mitoituksia ei pääse tarkastelemaan, ellei käyttäjä anna luku- tai muokausoikeuksia muille käyttäjille. Laskelmat saadaan myös kokonaan lukittua muilta. Lisäksi laitteistorekisterin kautta voidaan tuoda tai viedä mitoituksia esimerkiksi sähköpostiin.

5.3 Laitteiston aloitus

Kun projektikansio ja oletusasetukset ovat kunnossa, voidaan luoda uusi laitteisto. Uuden laitteiston voi luoda laitteistorekisteristä tai aloitusnäytymän työkalupalkista: Laitteisto → Uusi laitteisto.

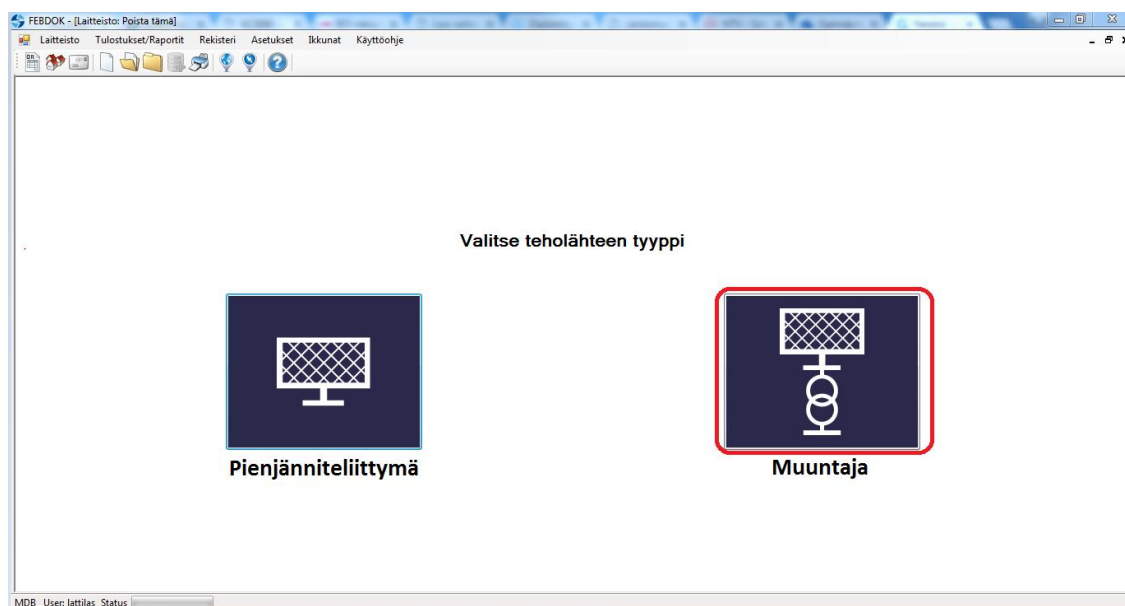
Ensimmäiseksi määritellään laitteiston tunnisteen ja projektitiedot. Laitteiston tunnisteen tulevat näkyviin loppudokumentaatioon, joten tässä kannattaa käyttää oikeita projektitietoja. Toisella välilehdellä voidaan määritellä laitteiston haltijan ja asennusosoitteen tiedot, sekä laitteiston kuvan. Nämä tiedot näkyvät loppudokumentaatiossa ja laitteiston kuva näkyy kansilehdessä, jos sellainen liitetään.

KUVA 12. Laitteiston tiedot

5.4 Laitteiston tehonlähde

Febdokin laskennan voi aloittaa kahdesta eri tehonlähteestä: Pienjänniteliittymästä tai muuntajasta. Pienjänniteliittymä tulee valita, jos laskelma tehdään keskeltä laitteistoa, esimerkiksi nousukeskukselta lähtien. Tällöin riittää nousukeskuksen mitatun oikosulkuvirran arvot lähtötiedoiksi. Muuntajalähdössä määritellään keskijänniteverkon ja muuntajan ominaisuudet, joiden perusteella ohjelma laskee oikosulkuvirrat. Muuntajia voidaan lisätä keskelle laitteistoa, sekä mallintaa rinnankytkettyjä muuntajia. Opinnäytetyössä esitettyssä mitoituksessa valittiin muuntajalähtö.

Ohjelmaan on saatavilla maksullinen lisäosa, joka mahdollistaa generaattorilaskennan. Generaattorilaskennalla voidaan mm. ottaa huomioon normaalin verkon ja generaattorin rinnankäynti, eli sähkökatkon jälkeen varavoimakoneet toimivat rinnakkain yleisen verkon kanssa, jolloin on huomioitava generaattorin tuottama energia. Generaattoreita voi lisätä muuntajien tapaan myös keskelle laitteistoa. (Febdok-opas, 2018)



KUVA 13. Teholähteen valinta

Opinnäytetyössä ei ole lisenssiä, joka mahdollistaisi generaattorilaskennan. Jos lisenssi olisi käytössä, olisi pienjänniteliittymän ja muuntajan välissä valittavissa teholähteeksi generaattori.

5.5 Muuntajalähtö

Muuntajalähdön liittymässä määritellään ensimmäisen keskuksen tiedot, ensiöverkon oikosulkutehot ja muuntajan tiedot. Teholähdettä saa vielä muutettua, jos aikaisemmassa ikkunassa valitsi väärän tehonlähteen. Huomioitavaa on määrittää mitoitusperusta ja maadoitusjärjestelmä tässä vaiheessa oikein, koska mitoitusperustaa ei voida jälkikäteen vanhentamaan, vaikka sen uudentaminen on mahdollista. Lisäksi jakelujärjestelmä lukkiutuu, kun asennuksia mallinnetaan ensimmäisen keskuksen perään. Jakokeskuksen käyttäjäksi voidaan valita joko ammattilaiset tai maallikot. Kyseinen asetus kantaa juuriansa Norjalaisesta standardista, jossa maallikoiden jakokeskuksissa ei saa esiintyä tulppasulakkeita. Jakokeskuksen käyttäjäksi tulee poikkeuksetta valita ammattilaiset, muuten mitoitusta tehdessä ei voi valita tulppasulakkeita.

Keskuksen kuormitustiedot ovat erittäin olennaiset ja vaikuttavat koko laskentaan. Kuormitustiedoiksi riittää, kun täyttää kuormavirran ja pääjännitteen tiedot – ohjelma laskee näiden perusteella näennäis- ja pätötehon. Tehokerroin voidaan jättää arvoon 0.9,

jos sitä ei ole ennaltaan tiedossa. Febdok varoittaa, mikäli kuormien summakuormavirrat ylittävät keskukselle määritellyn kuormavirran.

Maadoituselektrodi, ylijännitesuojaus ja järjestelmän maadoitus eivät vaikuta laskentaan, mutta näkyvät loppudokumentaatioissa. Potentiaalitasaus vaikuttaa laskentaan, jos tämä määritellään muillekin keskuksille. Tällöin vikasuojauksen poiskytkentäaikojen ei tarvitse välttämättä toteutua, kun tämä katsotaan lisäpotentiaalitasaukseksi.

Laskentapohjan muuttamisessa on kaksi laskentatoleranssia, 6 % ja 10 %. Yleensä käytetään 10 %:n laskentatoleranssia, koska perustason asennuksien komponentit ovat usein samaa luokkaa. 6 %:n laskentatoleranssia käytetään kohteissa, joiden tuotemäärittelyt ovat tämän mukaisia. (Febdok-opas, 2018)

Verkko ja ensimmäinen pienjännite jakokeskus

Valitse teholahteen tyyppi

Ensimmäinen pienjännitekeskus

Tunniste: PÄÄKESKUS

Kuvaus: Pääkeskus

Mitoitusperusta: SFS 6000:2017

Maadoitusjärjestelmä: TN-C-S

Vaiheiden kytkentäjärjestys: L1-L2-L3-N

Jakokeskuksen käyttäjä: Ammatillaiset

Jakokeskuksen lämpötila: 30 °C

lb: 1000 A

Cos φ: 0,9

Pn: 623,5 kW

Sn: 692,8 kVA

Un: 400 V

Maadoituselektrodi: ☒

Maantteleminen:

Potentiaalitasaus: ☒

Ylijännitesuojaus

Asennettu: ☐

Verkkotaajuus: 50 Hz

Tunnukset EN 81346 mukaisesti

☐ Luo tunnukset automaattisesti

Laskentapohjan muuttaminen

Kojauskertoimet vikavirtojen laskentaan: EN 60909:2016 ±10%

Jännitehäviölaskelmat

Jänniteenalenema nollassa jakokeskuksessa: PÄÄKESKUS

Varoitustaso suurimmalle kokonaisjänniteenalenemalle: 4,0 %

Varoitustaso suurimmalle jänniteenalenemalle jakokeskukseen: 2,0 %

Käytä kuormien summavirtoja jakokeskusten laskennassa: ☐

Järjestelmän maadoitus

Sijotus: Muuntajassa

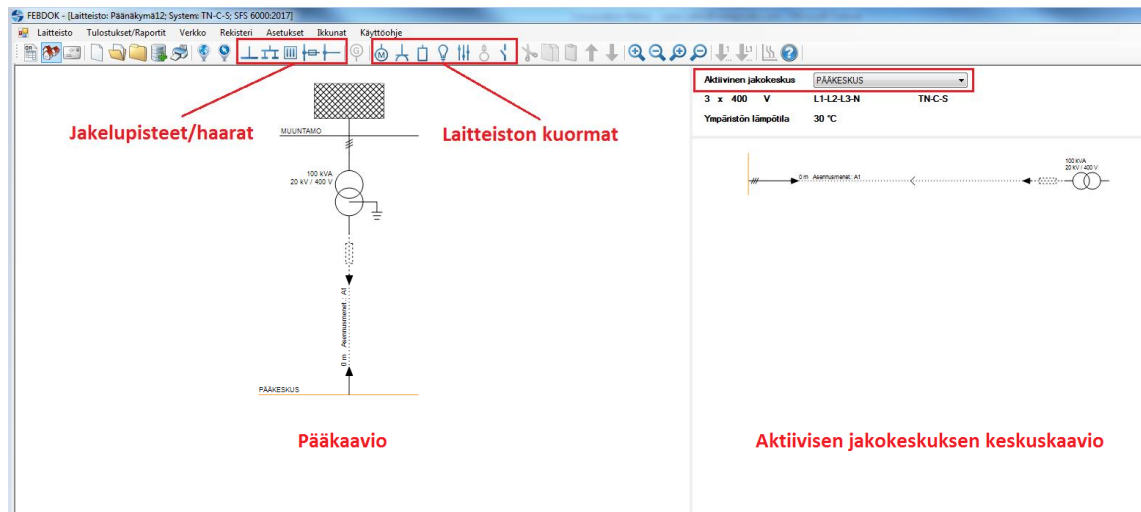
KUVA 14. Muuntajälhdön ensimmäisen keskuksen määrittely

Seuraavaksi valitaan ikkunan oikeasta ylänurkasta edeltävä verkko. Muuntajan ensiöverkossa määritellään jännitetaso ja oikosulkuvirrat. Verkkoyhtiöltä saadaan muuntajan oikosulkuvirtojen tiedot. Jos tietoja ei ole mitoitusta tehdessä saatavilla, käytetään ohjelman oletusarvoja ja lisätään oikeat arvot myöhemmin. Jotta Febdok ylipäättensä laskee, tulee ohjelmaan syötetyt tiedot hyväksyä ja painaa OK, jonka jälkeen muuntajalähtö luodaan ja Febdokin päänäkymä avautuu.

KUVA 15. Muuntajalähdön edeltävä verkko

5.6 Päänäkymä

Päänäkymä avautuu, kun laitteiston tehrolähde on valittu. Päänäkymä jakautuu kahteen eri ikkunaan, joista vasemmanpuoleinen ikkuna kuvaa laitteiston pääkaaviota ja oikeanpuoleinen valitun jakokeskuksen keskuskaaviota. Jakokeskuksen saa aktiiviseksi joko klikkaamalla keskusta pääkaaviosta tai vaihtamalla aktiivinen jakokeskus oikeanpuoleisen ikkunan pudotusvalikosta.



KUVA 16. Febdok-päänäkymä

Kuvassa 17 on esitetty laitteiston suunnittelussa käytettävät työkalut.



KUVA 17. Febdokin mallinnustyökalut

1. Jakokeskus: Syöttö keskukselta keskukseseen.
2. Ryhmittely: Jakokeskuksen alakisko. (esim. johdonsuojille)
3. Virtakiskojakelu: Ei tarkoita valaisinkiskoja vaan pääjakelua.
4. Haarapiste: Järeä runkokaapeli, josta jako keskuksiin.
 - Oikosulkusuojaus alkupäässä, ylikuormitussuojat keskuksilla.
 - Ei kuormia. Jako vain keskuksiin tai toisiin haarapisteisiin.
5. Kytkeänpiste: Esimerkiksi jakorasian vienti paksummalla kaapelilla ja sen jälkeen ohuempaan jakautuminen. Kuormilla yhteinen oikosulku- ja ylikuormitussuojaus alussa.
6. Moottorilähtö tai muu vastaava käynnistyspiikin omaava laite.
7. Muuttuvan kuorman lähtö. (Yleisin)
8. Kiinteä määrätty kuorma, jossa ei ole ylikuormitusvaaraa.
9. Jaettu kuorma: Runkokaapeli haarautuu omien suojalaitteiden tai ilman kuormituksia esim. katuvalaistus.
10. Ohjausvirtapiiri: Ei vaadi suojamaadoitusta.
11. Varapiiri: Käytetään reservitehojen kirjaukseen, jos jännitteenaleneuman laskemisessa käytetään keskusten summavirtoja. (Febdok-kurssi, 2018)

5.7 Muuntajalähdön toisiopiiri

Kun ensimmäisen keskuksen ja ensiöverkon tiedot on määritelty sekä hyväksytty, määrittellään seuraavaksi muuntajan sekä sen komponenttien tiedot. Kaksoisklikkaamalla muuntajan symbolia päänäkyvätilassa, avautuu muuntajan tiedot. Tarvittavat tiedot haetaan muuntajan valmistajan katalogista. Muuntajan vaikutus laskentojen oikosulkuarvoihin on jopa 20 %, joten määrittely kannattaa tehdä huolellisesti. (Febdok-opas, 2018)

KUVA 18. Muuntajalähtö

Samassa ikkunassa voidaan määrittellä muuntajan rakennetta, sekä valita suojalaitteet ja muuntajan kaapelit tai kiskon. Ikkunan yläpalkissa voidaan liikkua eri komponenttien välillä, josta seuraavaksi valitaan piirin ensimmäinen keskus, eli pääkeskus.

5.8 Pääkeskuksen määrittely

Piirin pääkeskuksen tietojen määrittely aukeaa klikkaamalla ikkunan yläpalkista keskuksen symbolia. Seuraavaksi annetaan keskukselle yksityiskohtainen tunniste ja kuor-

mitustiedot. Mitoituksessa keskuksen nimellisvirraksi valittiin 1000 A ja tunnisteeksi pääkeskus. Jakelujärjestelmää ja vaiheiden kytkentäjärjestystä ei voi muuttaa, koska Febdok havaitsee sen olevan standardin vastaista.

KUVA 19. Pääkeskuksen tiedot

5.9 Kaapelin määrittely

Kaapelin tietoihin päästään painamalla ikkunan kuvan yläpalkista katkoviivaa. (Kuva 19) Kaapelille tulee määrittää referenssi asennustapa, joka on koko kaapelin pituudelta sille pahin mitoitusilanne. Esimerkkimitoituksessa kaapelit asennetaan koko pituudeltaan putkeen maahan, joten asennustavaksi määriteltiin D2. Maan lämpöresistiivisyydeksi, eli termiseksi vastukseksi valittiin standardin mukaisesti 2,5 K m/W.

Jakokeskus: MUUNTAMO Piiri: Jakokeskus Piirin nro: PK1 Vaadittu maasulun poislyöntiaika 5 s

AMCMK 4x4x300/88 1 kV
10 m Asennusmenet.: D2

Suunnittele & suojaus

Ok Peruuta

Tunniste

Referenssi asennustapa
D2 - Kaapelit suoraan maassa
Ei rinnakkaisia piirejä
Terminen vastus = 2.5 K.m/W

Kuormitettavuus, Iz 1128 A
Kuormitusvirta Ib 1000 A

Ympäristön lämpötila 20 °C
Käyttäjän korjauskerto 1
Pituus 10 m

Kuorman nimellisarvo, Un 400 V
Häviöt kaapeleissa / virtakiskoissa 0.901 kW

Valitse kaapeli
Kaapelityyppi AMCMK 4x4x300/88 1 kV Tiedot

KUVA 20. Johdon määrittely

5.10 Kaapelin valinta

Febdok rajaa automaattisesti kaapeleita vaihejärjestyksen ja virran määrittelyjen perusteella. Aikaisemmin määritellyt asennusolosuhteet on huomioitu kaapelin valinnassa. Suurivirtaisissa sovelluksissa Febdokin ehdottama kaapeliluettelo näyttää tyhjää, mutta se johtuu siitä, ettei sovellusta voida mallintaa yhdellä kaapelilla. Näissä tilanteissa on lisättävä rinnakkaisten johtimien lukumäärää, jotta Febdok näyttää mitään kaapeleita ja tämä saadaan valittua ikkunan oikeasta yläreunasta. Mitoitukseen valittiin neljä rinnankytkettyä AMCMK 4x300/88-kaapelia. Rinnankytkettyjen kaapeleiden kuormitettavuusvirta on 1128 ampeeria, kun asennustapana on D2.

Valitse kaapeli

Valmistaja: Standard
 Sovellus:
 Kaapelliluokka:
 Kaapelityyppi: AMCMK, AMKA, AXICMK-HF, AXICMK-HF, AXICMK-PLUS, AXMK, AXMK-PLUS, MCCMK-EMC
 Johdinmateriaali: AL, CU
 Vaiheiden lkm: 3, 4
 Rinnakkaisien piirin: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

☐ Käyttäjän määrittelemä ☐ Näytä vanhentuneet kaapelit ☐ Näytä kaikki kaapelit Ib [A]: 600

Kaapelliluettelo

Valmistaja	Kaapelityyppi	Eristys	Kaapelliluokka	Un [V]	Iz [A]	Vaiheet	Johtimet
Standard	AMCMK 3x120/41 1 kV	PVC		1000	676,00	3	3
Standard	AMCMK 3x150/41 1 kV	PVC		1000	756,00	3	3
Standard	AMCMK 3x185/57 1 kV	PVC		1000	856,00	3	3
Standard	AMCMK 3x240/72 1 kV	PVC		1000	1 000,00	3	3
Standard	AMCMK 3x300/88 1 kV	PVC		1000	1 128,00	3	3
Standard	AMCMK 4x120/41 1 kV	PVC		1000	676,00	4	4
Standard	AMCMK 4x150/41 1 kV	PVC		1000	756,00	4	4
Standard	AMCMK 4x185/57 1 kV	PVC		1000	856,00	4	4
Standard	AMCMK 4x240/72 1 kV	PVC		1000	1 000,00	4	4
Standard	AMCMK 4x300/88 1 kV	PVC		1000	1 128,00	4	4
Standard	AXMK 4G95 AN	XLPE		1000	688,00	3	3
Standard	AXMK 4G120 AN	XLPE		1000	788,00	3	3
Standard	AXMK 4G150 AN	XLPE		1000	880,00	3	3
Standard	AXMK 4G185 AN	XLPE		1000	1 000,00	3	3
Standard	AXMK 4G240 AN	XLPE		1000	1 160,00	3	3

Hakutuloksia: 71

 Aktiivinen valinta: 10

KUVA 21. Kaapelin valinta

5.11 Suojalaitteen valinta

Suojalaitevalinnassa käyttäjän on tiedostettava, että kun ylikuormitussuojana käytetään sulaketta ja sillä on riittävä katkaisukyky, soveltuu se myös oikosulkusuojaiksi.

Kun kaapelin tiedot ovat valittuna, valitaan mitoituseseen sopiva suojalaite. Suojalaitteen valintaikkunaan päästään klikkaamalla suojalaitteen symbolia. Febdok esittää lähtökohdaisesti vain ne suojalaitteet, jotka soveltuvat piirin virralle. Suojalaitteen valinnassa voi hyödyntää Febdokista löytyvää toimintoa: Tarkista suojalaite listassa. Tällöin Febdok merkitsee, mitkä suojalaitteet soveltuvat kyseiseen piiriin. Suojalaitteen sarakkeeseen ilmestyy punainen merkintä, jos se ei sovellu piirin mitoituksen. Mitoitukseen valitaan ABB:n elektronisesti hidastettu katkaisija, jonka nimellisvirta on 1000 A ja katkaisukyky on 42 kA.

Suojalaitteen valinta ylikuormitussuojaukseen virtapiiriin lopussa

Lista

Katso SL tiedot

Katkaisusyksikkö

EAN Katkaisusyksikkö

Katkaisukyky

I²t

I / t

Laukaisusyksikkö

EAN Laukaisusyksikkö

Laukaisusyksikön tiedot

L toiminto

S toiminto

H toiminto

G toiminto

I / t

Tarkista suojal. listassa

Katso SL ilmoitukset

Valitse

Tulosta

Puuta

Suojan tyyppi

Katkaisija

Katkaisija

Moottorisuojaus

Sulakkeet

Laukaisijaluokka

Elektroninen hidastettu

Elektroninen standardi

Thermomagneettinen oikos

Valmistaja

ABB

ABB

AEG

EATON

GENERAL-EL

HAGER

LEGRAND

SCHNEIDER

SIEMENS

Maksimi mitoitusvirta [A]

1000

1000

1250

1600

2000

2500

3200

4000

5000

Katkaisusyksikkö

E1

E2

E3

T7

Katkaisukyky taso

B

H

L

N

S

V

Laukaisusyksikkö

PR121

PR122

PR123

PR231

PR232

PR331

PR332

☐ Näytä ilman rajoituksia

☐ Näytä vanhentuneet laitteet

Poistavallinnat

Suunnitteluperusteet

Suojalaitteen näkemä kuomavirta 1000 [A]

Kuomittavuus (I_z) 1128 [A]

Suurin vikavirta 21,609 [kA]

Pienin vikavirta 14,216 [kA]

Valmistaja	Laukaisijaluokka	Katkaisusyksikkö	I _u [A]	I _n [A]	Laukaisusyksikkö	Katkaisukykytaso	Muokattu	Vanhentunut
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR123	B	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR123	N	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E2	1000	1000	PR121	N	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E2	1000	1000	PR121	S	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR122	B	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR122	N	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR121	B	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E1	1000	1000	PR121	N	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E2	1000	1000	PR122	N	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E2	1000	1000	PR122	S	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR121	S	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR121	H	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR122	S	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR122	H	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR123	S	30.11.2006	
ABB	Elektroninen hida...	E3	1000	1000	PR123	H	30.11.2006	

Hakutuloksia 34

Aktiivinen valinta 1

Kuva 22. Suojalaitteen valinta.

5.12 Suojalaitteen poiskytkentäajat

Suojalaitteen valinnan jälkeen Febdok näyttää suojalaitteen toimintaan vaikuttavat oikosulkuvirrat ja varmistaa näiden perusteella suojausten toimivuuden. Mahdolliset mitoitusvirheet näkyvät tässä ikkunassa – punainen virhe tarkoittaa standardin vastaista ratkaisua ja sininen virhe mahdollista ongelmaa. Febdok tulostaa virheistä selosteen ikkunan alareunaan. Asettelu – välilehdellä nähdään suojalaitteen laukaisukäyrä lähdössä.

Jakokeskus: MUUNTAMO Piiri: Jakokeskus Piirin nro: PK1 Vaadittu maasulun poiskyttäaika 5 s

AMCMK 4x4x300/88 1 kV
10 m Asennusmenet.: D2

1000 A

Suunnittele & suojaus

Ok Peruuta

Valitse Poista Tiedot Oikosulkuvirrat **Asettelu**

SL tieto

Tunniste

Suojan tyyppi Katkaisija

Valmistaja ABB

Katkaisuyksikkö E1

Maksimi mitoitusvirta 1000 A Katkaisukykytaso B

Nimellisvirta 1000 A

Laukaisijaluokka Elektroninen hidastettu

Laukaisuyksikkö PR123

Katkaisukyky 42 kA Ics

Maks. pituus suhteessa sähkömagn. poiskyttäntään 63361,4 m

Suojalaite ln, lämpötila korjattu 1000 A

Johtimen kuormitettavuus suojalaitteen jännitetasolla 1128 A

Suojalaitteen näkemät virrat [kA]

Ik3v max loppu	21,32
Ik3v min	16,415
Ik2v max loppu	18,464
Ik2v min	14,216
Ik1v max loppu	21,609
Ik1v min	16,781
Ief max loppu	21,355
Ief min	16,497

Poiskyttäajat [s]

SL	k ² S ² /I ²
0,856	18,298
0,856	30,868
0,856	24,397
0,856	41,156
0,856	17,812
0,856	29,536
0,856	3,593
0,856	6,021

Paina ylläolevia kenttiä vian paikallistamiseksi

Mahdolliset virheet tulostuvat tähän

KUVA 23. Suojalaitteen tiedot

5.13 Ryhmäkeskuksen lisäys

Uuden jakokeskuksen saa lisättyä päänäköymän työkaluvalikosta. Ryhmäkeskuksen kuormavirraksi valittiin 500 ampeeria ja tunnisteeksi ryhmäkeskus. Ryhmäkeskukselle valittiin komponentit samaan tapaan kuin pääkeskuksellekin. Suojalaitteeksi valittiin 500 ampeerin IEC-standardin mukainen gG-sulake. Kaapeliksi valittiin kaksi rinnankytkettyä AMCMK 3x5G240 ja asennustavaksi A2, eli kaapelit ovat upotettuna eristeseen.

Jakokeskus: PÄÄKESKUS Piiri: Jakokeskus Piirin nro: 7 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 5 s

500 A / gG AMCMK 3x5G240 Al 100 m Asennusmenet.: A2

Suunnittele & suojaus

Selektiivisyys

Ok Peruuta

Piirin nro.: Litin nro.: Mitoitusperusta: SFS 6000:2017

Tunniste: RYHMÄKESKUS

Kuvaus:

Vaiheiden kytkentäjärjestys: L1-L2-L3-N

Jakokeskuksen tiedot

Jakelutyyppi: TN-S

Vaiheiden kytkentäjärjestys: L1-L2-L3-N

Jakokeskuksen lämpötila: 30 °C

Jakokeskuksen käyttäjä: Ammatillaiset

Standardin EN 61439 maalikoiden käyttämien keskuksien etusuoja voi olla korkeintaan 250A ja keskuksista lähtevien piirien suojat korkeintaan 125A. Nämä rajoitukset eivät koske ammatillaisia tai opastettuja henkilöitä.

Jakokeskuksen tiedot

Ib 500 A

Cos φ 0,9

Pn 311,8 kW

Sn 346,4 kVA

Un 400 V

Virtojen summa

L1 446,49 A

L2 446,49 A

L3 446,49 A

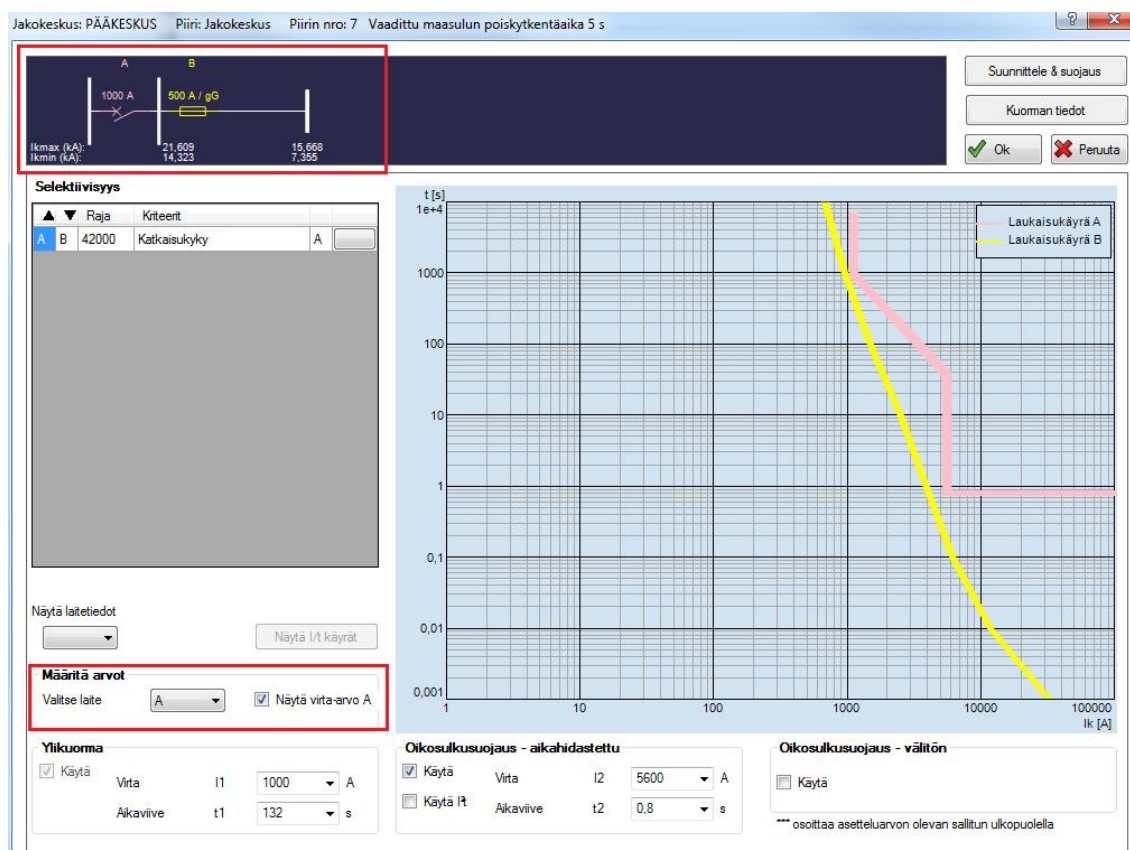
N 0 A

Huomautukset

KUVA 24. Jakokeskuksen tiedot

5.14 Selektiivisyys

Ikkunan toiselta välilehdeltä päästään tarkastelemaan suojalaitteiden välistä selektiivisyyttä. Selektiivisyyšnäkymä aukeaa painamalla oikeasta yläreunasta selektiivisyysvalikkoa. (Kuva 24) Vaikka mitoituksessa on käytetty katkaisijaa ja sulaketta, joiden laukaisukäyrät poikkeavat huomattavasti toisistaan, pätee niiden välillä silti selektiivisyys. Selektiivisyyttä on mahdollista tarkastella maksimissaan kahdeksan portaan välillä. Mikäli valituissa suojalaitteissa on mahdollista tehdä asetusmuutoksia, voidaan se tehdä suoraan tästä näkymästä. (Febdok-opas, 2018)



KUVA 25. Selektiivisyysanalyysi

5.15 Suora moottorikäynnistys

Kun pienjänniteverkon rakenne on kokonaan mallinnettu, voidaan seuraavaksi lisätä ryhmäkeskukseen kuormia. Valitaan päänäköymästä aktiiviseksi jakokeskukseksi ryhmäkeskus, jonka jälkeen työkaluvalikosta lisätään uusi moottori. Ohjelmaan aukeaa ikkuna, johon tulee syöttää moottorin tunnistetiedot ja kuormitustiedot. Valitaan ABB:n katalogista 5,5 kW:n oikosulkumoottori ja syötetään katalogin perusteella tehokerroin ja hyötysuhde. (Liite 1.) Käyttökerroin, samanaikaisuuskerroin, käynnistysvirta ja käynnistysaika pidetään ohjelman oletusarvoissa. Käyttökertoimen avulla voi arvioida todellisen kuormituksen, eli arvo 0.5 tarkoittaisi sitä, että kuorma on puolet ajasta päällä, esimerkiksi vuorotteleva pumppukäyttö. Samanaikaisuuskertoimella määritetään samanlaisten lähtöjen kerroin. (Febdok-kurssi, 2018)

5,5 kW:n moottorille valittiin MCMK 4G1,5 kaapeliksi ja sulakkeeksi 16 A/gG. Ohjelma lisäksi ilmoittaa punaisella värillä, ettei mitoitus ole standardin mukainen.

Jakokeskus: RYHMÄKESKUS Piiri: Moottori Piirin nro: 1 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 0,4 s

16 A / gG MC MK 4G1.5 Cu 50 Asennusmenet.: E

Suunnittele & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Piirin nro. 1 Laitin nro... Mitoituserusta SFS 6000:2017

Tunniste M1 Kuvaus 5,5 kW

Vaiheiden kytkentäjärjestys L1-L2-L3

Asennettu EX-tilaan

Moottoritiedot

Ib	10,7	A	Käyttökerroin	1
cos φ	0,82		Samanaikaisuuskerroin	1
η	0,9		Käynnistysvirta	6,5 [x Ib]
Pn	5,5	kW	Käynnistysaika	3 s
Sn	7,45	kVA		
Un	400	V		

Varmista valmistajalta suojalaitteen soveltuvuus moottorikäynnistykseen

Huomautukset

KUVA 26. Suora moottorikäynnistys yhdistetyllä suojalaitteella.

Valitsemalla sulakkeen tulostuu ohjelmaan punainen teksti: ”Suojalaitteen pienin asetettava toimintavirta In on liian suuri suhteessa kaapelin virtakapasiteettiin Iz.”, lisäksi ohjelma ilmoittaa sinisellä tekstillä: ”Moottorin käynnistysvirta laukaisee suojalaitteen moottorin käynnistyessä.” Näiden perusteella huomataan, ettei suojalaite suojaa kaapelia ylikuormitettavuudelta, sekä suojalaite laukeaa moottorin käynnistyessä. Kaapelin kuormitettavuus pitää kasvattaa yli 16 ampeeriin ja suojalaitteeksi voidaan esimerkiksi valita uusi 16 ampeerin sulake sopivammalla laukaisukäyrällä. Useimmiten Febdokin antamat virheilmoitukset saadaan kytkettyä pois, kun suojalaitteiden valinnan yhteydessä käytetään Febdokin ”Tarkista suojalaite listassa” – ominaisuutta.

Jakokeskus: RYHMÄKESKUS Piiri: Moottori Piirin nro: 1 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 0,4 s

16 A / gG MCMK 4G1,5 Cu 50 m Asennusmenet.: E

Suunnittele & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Valitse Poista Tiedot Oikosulkuvirrat Asettelu

SL tieto

Tunniste

Suojan tyyppi Sulakkeet

Valmistaja IEC

Katkaisuyksikkö IEC_D_gG

Nimellisvirta 16 A

Laukaisijaluokka Diazed

Laukaisuyksikkö IEC_D_gG_16

Katkaisukyky 20 kA Ic

Maks. pituus, jolla maasulun poiskytkennän vaatimus täyttyy 60,4 m

Suojalaite In, lämpötila korjattu 16 A

Johdinten kuormitettavuus suojalaitteen jännitetasolla 12,9 A

Suojalaitteen näkemät virrat [kA]

Ik3v max	15,668
Ik3v max loppu	0,415
Ik3v min	0,248
Ik2v max	13,569
Ik2v max loppu	0,359
Ik2v min	0,215
Ief max	10,543
Ief max loppu	0,207
Ief min	0,135

Poiskytkentäajat [s]

SL	k^2S^2/I^2
0,1	< 0,1
0,1	0,173
0,1	0,484
0,1	< 0,1
0,1	0,231
0,1	0,644
0,1	< 0,1
0,1	0,694
0,182	1,633

Paina ylläolevia kenttiä vian paikallistamiseksi

Suojalaitteen pienin asetettava toimintavirta In on liian suuri suhteessa kaapelin virtakapasiteettiin Iz.

Moottorin käynnistysvirta laukaisee suojalaitteen moottorin käynnistytessä.

KUVA 27. Febdokin virheilmoitukset.

5.16 Taajuusmuuttajakäynnistys

Vaikka Febdok on lähtökohtaisesti kaapelin mitoituseseen ja suojaukseen tarkoitettu laskentaohjelma, voidaan sillä jossain määrin mallintaa moottorikäynnistimiä. Käynnistimiä ei kuitenkaan saa itsessään mallinnettua, joten tarkkoja laitevalintoja Febdokilla ei voida tehdä. Ohjelman käyttäjän tarvitsee huomioida moottorin ja käynnistimen hyötysuhteet ja tehokertoimet.

Kun taajuusmuuttaja mitoitetaan moottorin nimellisvirran mukaan, suojaa se moottorin sekä -kaapelin oikosululta ja ylikuormitukselta. Taajuusmuuttajälähdöissä riittää, kun suojataan taajuusmuuttaja ja sitä syöttävä kaapeli oikosululta. Taajuusmuuttajaa syöttävä kaapeli voi olla häiriösuojaamaton, mutta taajuusmuuttajan ja moottorin välinen kaapeli tulee olla häiriösuojattu. (ACS880-01, 2017)

Taajuusmuuttajälähdöt rakennetaan ohjelmassa samalla tavalla kuin moottorilähdöt, eli työkaluvalikosta valitaan uusi moottori. Koska Febdokissa ei voida varsinaisesti mallintaa käynnistimiä, pitää moottoritietoihin syöttää taajuusmuuttajan sekä moottorin tiedot.

Nämä tiedot katsotaan valmistajan katalogeista. (Liite 1,2) Taajuusmuuttajan vakioarvoja ovat sen nimellisteho 110 kW ja moottorin tehokerroin 0,85. Mallinnuksessa oletetaan taajuusmuuttajan tehokertoimeksi 1. Hyötysuhdetta säätämällä saadaan mallinnettua taajuusmuuttajan nimellisvirta katalogin mukaiseksi. Taajuusmuuttajan käynnistysvirraksi määritetään 1,5-kertaiseksi nimellisvirtaan nähden ja käynnistysajaksi 2 sekuntia.

Jakokeskus: RYHMÄKESKUS Piiri: Moottori Piirin nro: 5 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 5 s

250 A / gG MCMK 4x150/70 50 m Asennusmenet.: C

Suunnittele & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Piirin nro. 5 Laitin nro. Mitoituserusta SFS 6000:2017

Tunniste ACS880-01-206A-3

Kuvaus 110 kW

Vaiheiden kytkentäjärjestys L1-L2-L3-N

Mootoritiedot			
Asennettu EX-tilaan	Ib	205,264	A
	cos φ	0,85	
	η	0,91	
	Pn	110	kW
	Sn	142,2	kVA
	Un	400	V
	Käyttökertoimen	1	
	Samanlaisuuskerroin	1	
	Käynnistysvirta	1,5	[x Ib]
	Käynnistysaika	2	s

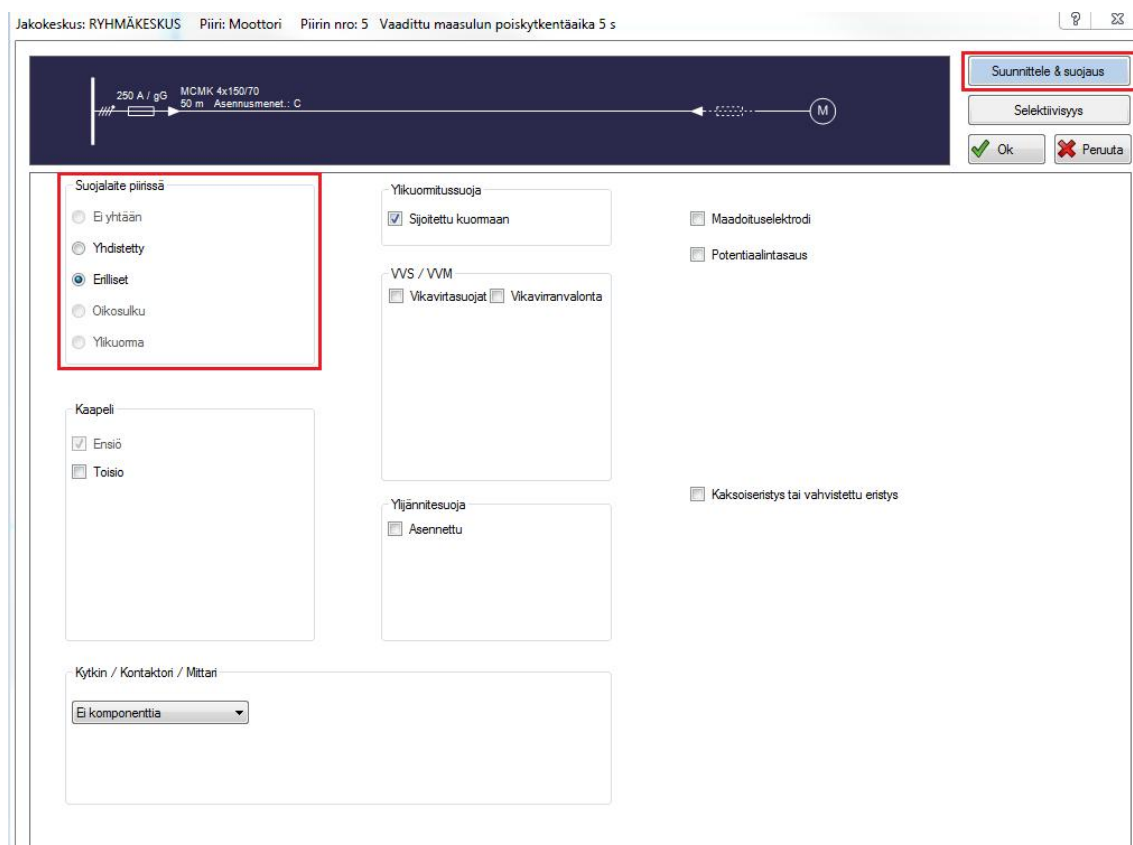
Varmista valmistajalta suojalaitteen soveltuvuus moottorikäynnistykseen

Huomautukset

Ylikuormitusuojana toimii taajuusmuuttaja xxx. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä käytetään EMC-häiriösuojattua MCCMK kaapelia.

KUVA 28. Taajuusmuuttajalähtö

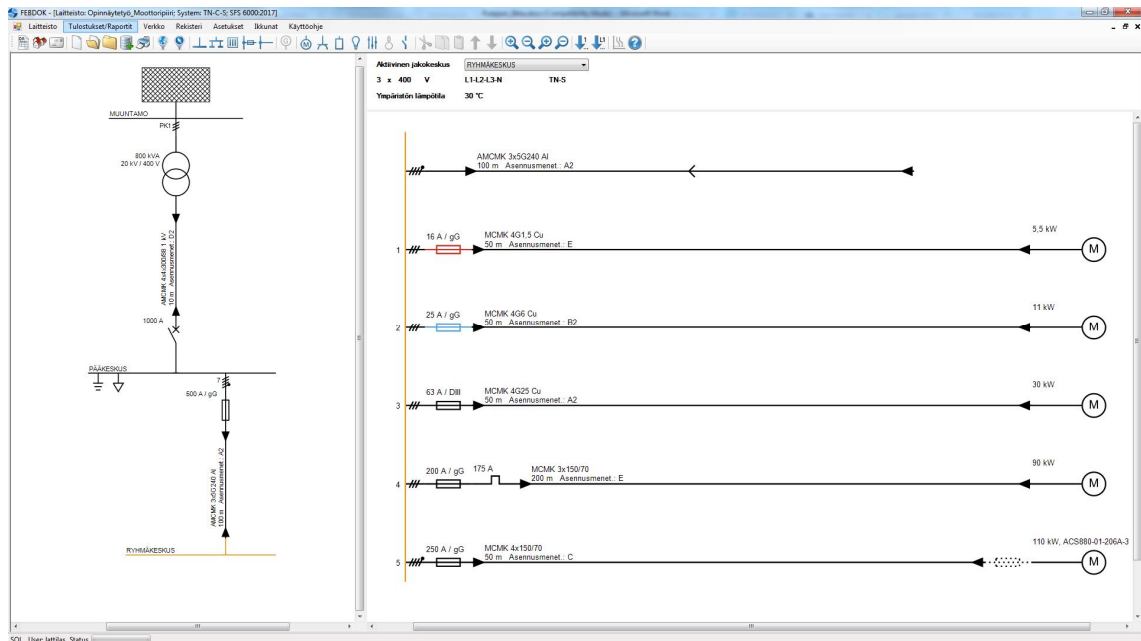
Taajuusmuuttaja suojaa syöttö- ja moottorikaapelin ylikuormitukselta, joten suojalaitteeksi riittää pelkästään oikosulkusuojaus. Suunnittele & suojaus välilehdeltä saadaan määriteltä suojalaitteet erillisiksi. Tällöin lähtöön muodostuu kaksi erillistä suojalaitetta, jotka ovat oikosulku- ja ylikuormitussuojaukseen tarvittavat suojalaitteet. Koska taajuusmuuttaja suojaa kaapelin ylikuormitukselta, jätetään ylikuormitussuoja valitsematta. Lisätään huomautukseksi: ”Ylikuormitussuojana toimii taajuusmuuttajana. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä käytetään EMC-häiriösuojattua MCCMK kaapelia.” Huomautus saadaan tulostettua loppudokumentaatioon. Oikosulkusuojaksi valitaan IEC-standardin mukainen 250 A/gG sulake.



KUVA 29. Suunnittele & suojaus näkymä.

5.17 Valmis piiri

Esimerkkiin lisättiin vielä muutama moottorilähtö edellä olevien esimerkkien tavoin. Kuormia saadaan lisättyä kopioi ja liitä, Ctrl+C- ja Ctrl+V-pikakomennoilla. Kun aktiivisena jakokeskuksena on valittuna ryhmäkeskus, nähdään onko ryhmäkeskuksen lähdöissä ohjelman mielestä vikaa. Lopputuloksessa on havainnollisuuden takia jätetty kaksi lähtöä virheellisiksi.



KUVA 30. Esimerkkipiirin lopputulos.

5.18 Dokumentaatio

Kun piiri on kokonaan mallinnettu, voidaan tulostaa loppudokumentaatio. Febdok sisältää 21 erilaista tulostetta, joista yleisimmät tulosteet sähkösuunnittelun rinnalle ovat kansisivu, laitteiston tiedot, jakokeskustiedot ja piirit sekä jakokeskusten oikosulkuvirrat. Nämä ovat valittuina kuvassa 31. (Febdok-kurssi, 2018)

Febdok noudattaa SFS 6000-standardia, joten tulosteissa on huomioitu vaadittavat dokumentointiin liittyvät standardit. Jos valitaan kaikki tulosteet, niin tulosteita syntyy yhteensä 50 sivua. Kun valitaan tulosteet kuvan 31 tavalla, jotka riittävät useimmissa tilanteissa, syntyy tulosteita esimerkkimitoituksessa vain 8 sivua. (Liite 3.)

Valitse asiakirjat

☒ Kansisivu
☒ Laitteiston tiedot
☐ Jakelukaavio, pystyyn
☐ Jakelukaavio, vaakaan
☐ Keskuskaavio
☒ Jakokeskustiedot ja piirit
☒ Jakokeskukset, oikosulkuvirrat
☐ Piinluettelo, oikosulkuvirrat
☐ Suojalaitteiden asettelut
☐ Mitoitustulokset
☐ Piinluettelo, yleistiedot
☐ Selektiivisyyssanalyysi
☐ Piirien virhelista
☐ Piirien lisätiedot ja kommentit
☐ Tarkistuspöytäkirja
☐ Kaapeliluettelo
☐ Kiskoluettelo
☐ Suojalaiteluettelo
☐ Lyhenneluettelo
☐ UPS kyselylomake
☐ Generaattori kyselylomake

Distr. boards to print?

☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset
☐ Kaikki ☒ Aktiiviset

Tulostettavat piirit?

☒ Kaikki ☐ Aktiiviset
☒ Kaikki ☐ Aktiiviset

Paperi

☒ A4
☐ A3
☐ A2
☐ A1
☐ A0

Tulostuskieli

☐ Englanti
☒ Suomi
☐ Ruotsi

Käyttöohjeet

☐ Vikavirtasuojat
☐ Vikavirranvalonta

Kaikki / Tyhjennä

☒ Ok ☒ Peruuta

Kuva 31. Dokumentaation valintaikkuna.

Febdokin luoma dokumentaatio ei palvele valtaosaa Neste Engineering Solutionsin asiakkaista. Tästä syystä opinnäytetyössä tehtiin kaksi virallista raporttipohjaa: yksittäiselle ja useammalle kaapelilähdölle. Vaatimuksena oli saada molemmat raportit yhdelle arkille noudattaen Nesteen ja Suomen sähköasennusstandardeja. Raportit suunniteltiin mahdollisimman informatiivisiksi, että tiiviiksi ja ne sisältävät mm. kaapeleiden yleiset tiedot, kuluttajan tiedot, verkon tiedot sekä laskennalliset tiedot.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lopputuloksena laadittiin Neste Engineering Solutions Oy:lle jouheva ohjeistus Febdok-ohjelmasta. Ohjeistus sisältää esimerkkilaskelmia, joista yksi esitettiin perusteellisesti luvussa 5. Lisäksi selvitettiin Neste Oy:n konsernille käytännöllinen tapa luoda loppudokumentaatio sähkösuunnitelmien rinnalle ja päätettiin tehdä Nesteelle sisäiset raporttipohjat, sillä kaikille asiakkaille ei riitä Febdokin luoma dokumentaatio.

Työn alkumetreillä huomattiin, että Febdok tulostaa alkeellisesti laskentatuloksia, varsinkin jos kyseessä on pieni mitoitus tai tulostettavia asiakirjoja ei valita tarkasti. Täten ohjelmasta kannattaa yleensä tulostaa kuvassa 31 esitetyt tulosteet, jollei tarkastaja tai asiakas toisin vaadi.

Febdok ei ota huomioon virranrajoituksia keskusten dynaamisten oikosulkuvirtojen laskennoissa. Febdok saattaa ilmoittaa keskuksen dynaamiseksi oikosulkuvirraksi 200 kiloampeeria, joka kuitenkin saataisiin laskettua 50 kiloampeeriksi etusulakkeen avulla. Tämä on erittäin tärkeä huomioda, koska tiedon huomioimatta jättäminen johtaisi epätaloudellisiin keskusmitoituksiin.

Neste Engineering Solutionsille Febdok on tervetullut lisäohjelma, koska sillä voidaan mitoittaa ja laskea pienjänniteverkkoja hyödyntäen samalla kaikkien valmistajien IEC-standardien suojalaitteita. On tilanteita, kun mitoittamiseen käytetään ABB DOC-laskentaohjelmaa, mutta teollisuusalueella on käytetty vain osittain ABB:n laitteita. Näissä tapauksissa ei saada selville eri valmistajien suojalaitteiden selektiivisyyttä, keskuksen teoreettista dynaamista oikosulkuvirtaa tai kaapeleiden kuormitettavuutta.

Nesteen tulee uusia lisenssinsä Febdokille, koska aikaisempi lisenssi on Neste Jacobsin nimissä. Tätä ei voi muuttaa ohjelmasta käsin, koska lisenssitiedot tulevat suoraan Febdokin palveluntarjoajan rekisteristä, jolloin väärän yrityksen logo ja nimi tulostuvat loppudokumentaatioon. Lisenssitiedot muutetaan Febdokin asiakaspalvelun kautta. Febdokin asetuksista Admin-tunnuksilla kirjautuneena saadaan yrityksen logo muutettua.

Nesteen organisaatiolle laadittu sisäinen ohjeistus tulee toivottavasti pysymään pätevänä uusienkin standardien myötä, koska Nelfo päivittää alituisesti Febdokia standardien perusteella. Ohjeistus tulee kuitenkin menettämään merkityksensä, jos käyttöliittymää muutetaan radikaalisti.

Opinnäytetyön aikana ohjelmasta löytyi ohjelmointivirhe, joka mainittiin luvussa 4.2. Havaittu ohjelmointivirhe päivitettiin kuukauden kuluessa, juuri kuten Sähköinfon tekninen asiantuntija arvioikin.

Nesteen on tarkoitus käyttää Febdok-ohjelmaa pelkästään vähäisissä kohteissa, mutta opinnäytetyössä ei havaittu syytä, miksei sitä voisi käyttää myös laajemmissa teollisuusverkoissa. Tähän liittyen lisätutkimukselle saattaisi olla aihetta.

LÄHTEET

Neste Engineering Solutions Oy. Yrityksen nettisivut. Viitattu 21.3.2018
<https://www.neste.com/en/corporate-info/who-we-are/engineering-solutions/contact>

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. SFS 6000 pienjänniteasennukset. Viitattu 14.4.2018 <https://www.sfs.fi/sfs6000>

SFS-käsikirja 600-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1:Yleisvaatimukset (SFS 6000 osa 1-6) 1. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Korpinen, L. henkilökohtaiset nettisivut. Viitattu 19.4.2018
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf

Hietalahti L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. 1.Vantaa: Amk-Kustannus Oy. Tammer-teknikka.

Jakelujärjestelmät. Tampereen ammattikorkeakoulu. Koulun nettisivut. Viitattu 19.4.
<http://tate.blogs.tamk.fi/category/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/>

D1-2017. 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 20.p. Espoo: Sähköinfo Oy

Vikasuojauksen ja oikosuojauksen erot. Sähköala. 12.5.2010. Viitattu 16.4.2018
http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahkoteknikka/fi_FI/vika-ja_oikosulkusuojaus/

Hölttä, T. 2014. Huipputehon, jännitteenaleneman ja oikosulkuvirtojen laskentaratapotti-pohja. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Selektiivisyys. Digma. 2016.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594830404.html>

Febdok ominaisuudet. Nelfo. Norjan Sähköurakoitsijaliitto. Viitattu 21.3.2018
<https://nelfo.no/Verktoy/DataverktoyProgramvare/FEBDOK/Febdok-FIN/>

”Febdokista julkaistiin uusi versio”. Sähköala. 2016. Viitattu 20.4.2018
http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s_kaapelointi/fi_FI/FebDok_6_0/

Sähköinfon opas Febdokin käyttöön. Viitattu 15.5.2018.
<http://severi.sahkoinfo.fi/febdokopas/>

Matti Orrberg, Febdok peruskurssi 2018, Sähköinfo Oy. Kurssi pidetty 26.4.2018.

ACS880-01 taajuusmuuttajat. 2017. ABB-laiteopas. Viitattu 17.5.2018
https://library.e.abb.com/public/df4cb762fe544faeb53aa32b8679f832/FI_ACS880_01_HW_M_A5_screen.pdf

ABB:n katalogi IE3 valurautaisille oikosulkumoottoreille. Viitattu 3.5.2018
[http://new.abb.com/motors-generators/fi/iec-pienjannitemoottorit/pienjannitemoottorit/ie3-vakiomoottorit-\(valurauta\)](http://new.abb.com/motors-generators/fi/iec-pienjannitemoottorit/pienjannitemoottorit/ie3-vakiomoottorit-(valurauta))

ABB:n katalogi ACS880-taajuusmuuttajille. Viitattu 3.5.2018
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000124140&LanguageCode=fi&DocumentPartId=1&Action=Launch>

LIITEET

Liite 1. ABB IE3 Yleisvalmisteisten valurautaisten oikosulkumoottorien katalogi. Valitut moottorit reunustettu kuvaan.

IP 55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B
IE3 efficiency class according to IEC 60034-30-1; 2014

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-30-1; 2014			Power factor Cos φ	Current		Torque		Moment of inertia J = 1/4 GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure Level L _{PA} dB	
				Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%		I _N A	I ₂ /I _N	T _N Nm	T ₁ /T _N				T ₂ /T _N
3000 r/min = 2 poles				400 V 50 Hz			CENELEC-design								
0.37	M2BAX 71MC 2	3GBA071330---D	2819	76,5	76	73,4	0,8	0,86	6,6	1,26	2,7	3,2	0,00035	10	50
0.55	M2BAX 71MB 2	3GBA071320---D	2816	78,4	78,1	75,9	0,8	1,27	6,1	1,88	2,7	3,2	0,0004	10	49
1.1	M2BAX 80MD 2	3GBA081340---D	2862	82,7	83,1	82,4	0,81	2,37	7,5	3,67	3,2	4	0,00102	17	59
1.5	M2BAX 90SB 2	3GBA091120---D	2913	84,2	84,1	82,6	0,84	3,02	8,7	4,93	2,9	3,9	0,00234	23	54
2.2	M2BAX 90SLA 2	3GBA091010---D	2917	85,9	85,6	84,2	0,83	4,39	9,8	7,22	3,4	4,2	0,003	26	66
3	M2BAX 100LKA 2	3GBA101810---D	2908	87,1	88,1	87,8	0,91	5,41	9,7	9,79	3,1	4	0,00691	42	60
4	M2BAX 112MB 2	3GBA111320---D	2904	88,1	89	89,2	0,9	7,23	9,3	13,19	2,8	3,7	0,00711	42	64
5.5	M2BAX 132SMA 2	3GBA131210---D	2934	89,2	89,8	89	0,82	10,6	8,9	17,91	2,4	4,1	0,0136	64	65
7.5	M2BAX 132SME 2	3GBA131250---D	2901	90,1	91,1	91,2	0,91	13,1	7,3	24,72	2,2	3,7	0,02	83	71
11	M2BAX 160MLA 2	3GBA161410---F	2943	91,2	92	91,6	0,91	19,1	7,2	35,57	2,6	3,6	0,057	121	69
15	M2BAX 160MLB 2	3GBA161420---F	2947	91,9	92,2	91,8	0,88	26,5	8,2	48,49	3,2	4,2	0,063	128	69
18.5	M2BAX 160MLC 2	3GBA161430---F	2949	92,4	93	92,6	0,9	32	9	59,81	3,3	3,9	0,076	145	73
22	M2BAX 180MLA 2	3GBA181410---F	2941	92,7	93	92,7	0,84	41,1	8,7	71,42	3,4	4,1	0,073	152	70
30	M2BAX 200MLA 2	3GBA201410---F	2961	93,3	93,3	92,6	0,89	52	10	96,89	3,7	4,1	0,144	250	80
37	M2BAX 200MLB 2	3GBA201420---F	2951	93,7	93,9	93,3	0,89	63,9	10,5	119	4,2	4,1	0,16	268	78
45	M2BAX 225SMA 2	3GBA221210---F	2962	94	94	93,3	0,85	81,3	9,3	145,4	3,8	4,1	0,223	278	80
55	M2BAX 250SMA 2	3GBA251210---F	2965	94,3	94,3	93,7	0,87	96,4	7,4	177,1	3,4	3	0,344	335	78
75	M2BAX 280SMB 2	3GBA281220---M	2978	94,7	94,6	93,6	0,88	130	7	240	2,3	3	0,9	596	74
90	M2BAX 280SMC 2	3GBA281230---M	2975	95	95	94,2	0,88	156	6,4	289	2,1	2,8	0,99	618	74
110	M2BAX 315SMB 2	3GBA311220---M	2982	95,2	94,9	93,9	0,87	192	7	352	1,8	2,7	1,3	801	78
132	M2BAX 315SMC 2	3GBA311230---M	2982	95,4	95,4	94,6	0,87	229	6,8	422	2	2,8	1,5	852	78
160	M2BAX 315SMD 2	3GBA311240---M	2983	95,6	95,6	94,9	0,87	275	7,4	512	2,2	2,8	1,7	909	78
200	1) M2BAX 315MLA 2	3GBA311410---M	2983	95,8	96	95,5	0,88	342	7,5	640	2,3	3,1	2,1	1051	81
250	M2BAX 355SMA 2	3GBA351210---M	2985	95,8	95,6	94,6	0,89	423	7,7	800	2,1	3,3	3	1412	83
315	M2BAX 355SMB 2	3GBA351220---M	2980	95,8	95,7	95	0,89	529	7	1009	2,1	3	3,4	1495	83
355	M2BAX 355SMC 2	3GBA351230---M	2984	95,8	95,8	95	0,88	605	7,2	1136	2,2	3	3,6	1565	83

¹⁾ Temperature rise class F



Liite 2. ABB ACS880 Taajuusmuuttaja katalogi. Valittu taajuusmuuttaja reunustettu kuvaan.

$U_N = 400 \text{ V}$ (jännitealue 380–415 V) Tehoarvot pätevät, kun nimellisjännite on 400 V (0,55–250 kW).											
Nimellisarvot			Normaali käyttö		Raskas käyttö		Melutaso	Häviöteho	Ilmavirta	Tyyppikoodi	Runko-koko
I_N A	I_{\max} A	P_N kW	I_{Ld} A	P_{Ld} kW	I_{Hd} A	P_{Hd} kW	dBA	W	m³/h		
2,4	3,1	0,75	2,3	0,75	1,8	0,55	46	30	44	ACS880-01-02A4-3	R1
3,3	4,1	1,1	3,1	1,1	2,4	0,75	46	40	44	ACS880-01-03A3-3	R1
4,0	5,6	1,5	3,8	1,5	3,3	1,1	46	52	44	ACS880-01-04A0-3	R1
5,6	6,8	2,2	5,3	2,2	4,0	1,5	46	73	44	ACS880-01-05A6-3	R1
8	9,5	3,0	7,6	3,0	5,6	2,2	46	94	44	ACS880-01-07A2-3	R1
10	12,2	4,0	9,5	4,0	8	3	46	122	44	ACS880-01-09A4-3	R1
12,9	16,0	5,5	12,0	5,5	10	4	46	172	44	ACS880-01-12A6-3	R1
17	21	7,5	16	7,5	12,6	5,5	51	232	88	ACS880-01-017A-3	R2
25	29	11	24	11	17	7,5	51	337	88	ACS880-01-025A-3	R2
32	42	15	30	15	25	11	57	457	134	ACS880-01-032A-3	R3
38	54	18,5	36	18,5	32	15	57	562	134	ACS880-01-038A-3	R3
45	64	22	43	22	38	18,5	62	667	200	ACS880-01-045A-3	R4
61	76	30	58	30	45	22	62	907	200	ACS880-01-061A-3	R4
72	104	37	68	37	61	30	62	1117	280	ACS880-01-072A-3	R5
87	122	45	83	45	72	37	62	1120	280	ACS880-01-087A-3	R5
105	148	55	100	55	87	45	67	1295	435	ACS880-01-105A-3	R6
145	178	75	138	75	105	55	67	1440	435	ACS880-01-145A-3	R6
169	247	90	161	90	145	75	67	1940	450	ACS880-01-169A-3	R7
206	287	110	196	110	169	90	67	2310	450	ACS880-01-206A-3	R7
246	350	132	234	132	206	110	65	3300	550	ACS880-01-246A-3	R8
293	418	160	278	160	246 ¹⁾	132	65	3900	550	ACS880-01-293A-3	R8 ²⁾
363	498	200	345	200	293	160	68	4800	1150	ACS880-01-363A-3	R9 ³⁾
430	545	250	400	200	363 ²⁾	200	68	6000	1150	ACS880-01-430A-3	R9 ⁴⁾

Liite 3. Febdokin tulostama loppudokumentaatio.

<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"><h2 style="margin: 0;">Asennuksen dokumentointi</h2><h3 style="margin: 0;">Opinnäytetyö_Moottoriipiiri</h3></div>	
 <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">The only way is forward</p>	
<div style="border: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"><div style="background-color: #e6f2ff; padding: 2px 5px;">Asennus</div><div style="height: 80px;"></div></div>	<div style="border: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"><div style="background-color: #e6f2ff; padding: 2px 5px;">Asiakas, omistaja</div><div style="height: 80px; padding-top: 40px;">Puh:</div></div>
<div style="display: flex; align-items: center;"><div style="flex: 1;"></div><div style="flex: 1; padding-left: 20px;">Laatinut / Suunnitellut: Neste Jacobs AB AEI Datavägen 14A, 436 32 Askim Sweden Puh: +46 31 748 56 00</div></div>	
	

Pää tiedot

ASENNUS/OMISTAJA	
Nimi	.....
Osoite	.....
Postinro / -toimip.	.....
Puhelin	.....
OMISTAJA/ASIAKAS	
Nimi	.....
Osoite	.....
PL	.....
Postinro / -toimip.	.....
Puhelin	.....
Faksi	.....
Yhteyshenkilö	.....
S-posti	.....
Vastuullinen lisenssin - omistaja	
Nimi	..... Neste Jacobs AB
Osoite	..... Datavägen 14A,
PL	.....
Postinro / -toimip.	..... 436 32 Askim
Puhelin	..... +46 31 748 56 00
Faksi	.....
S-posti	.....
Esi- ja lopullisen ilmoituskaavakkeen tiedot	
Tilausnumero	..... Proj.nro
Asennus perustettu	..... 26.4.2018
Viimeksi muutettu	..... 10.5.2018
Laitteiston nimi	..... Opinnäytetyö_Moottoriipiiri
ASENNUKSEN MÄÄRITTELY	
Jakelujärjestelmä	..... TN-C-S
Järjestelmäjännite	..... 400 V
Teholähde	..... Laskettu jakelumuntajalta
Verkkotaajuus	..... 50 Hz
Jännitteenalenema lasketaan jakokeskuksesta	..... PÄÄKESKUS
Varoitustaso – jännitteenalenema kuormaan	..... 5 %
Varoitustaso – jännitteenalenema jakokeskukseen	..... 3 %
Jännitteenalenema jakokeskukseen lasketaan jakokeskuksen mitoitusvirran perusteella.	
C-kerroin EN 60909-0:2016 mukaan ±10%	
Asennuksen osoite:	
Asennus: Opinnäytetyö_Moottoriipiiri	
Pvm: 11.5.2018 17:49:11	
 Neste Jacobs AB AEI Datavägen 14A, 436 32 Askim Puh: +46 31 748 56 00	
Pää tiedot  6.0.92 11.1.2018	
SFS 6000:2017 400 V TN-C-S Sivut 1 (2) / 3	

Pää tiedot

Muuntajajakokeskuksen tiedot

Tunniste	:	PÄÄKESKUS
Kuvaus	:	Pääkeskus
Vaiheiden lkm	:	3
Vaiheiden kytkentä	:	L1-L2-L3-N
Mitoitettava kuormavirta	:	600,00 A
Lämpötila jakokeskuksessa	:	30,00 °C
Maadoitus/tasaus	:	/ /Tasaus
Jakelutyyppi	:	TN-C-S
Summakuormavirta [A]	:	L1: : 446,5 L2: : 446,5 L3: : 446,5 N: : 0,0
Kokonaishäviöt [kW]	:	0,90
Kommentit	:	

TIEDOT JAKELUMUUNTAJAA EDELTÄVÄLLE VERKOLLE

Verkkajännite	:	22,0	kV		
Maks. oikosulkuteho	:	300,0	MVA	I_{kmax}	: 8,680 kA
Maks. oikosulkuteho	:	150,0	MVA	I_{kmin}	: 3,936 kA
Verkonhaltija viite	:			Pvm annettu	:
Kommentit	:				

Huomautukset

Asennuksen osoite:	Asennus:	Pvm: 11.5.2018 17:49:11
	Opinnäytetyö_Moottoriipiiri	
 Neste Jacobs AB AEI Dalsvägen 14A, 436 32 Askim Puh: +46 31 748 56 00	Pää tiedot	SFS 6000:2017 400 V TN-C-S
	feb dok	Sivu 2 (3)
	6.0.92 11.1.2018	7 3

Pää tiedot

JAKELUMUUNTAJA

Muuntajan tunnistus	:	Kytkeyntäryhmä	:	Dy11
Mitoitusvoima	:	Oikosulkujännite, er	:	1,10
Mitoitusjännite Ensio	:	Oikosulkujännite, ex	:	5,39
Mitoitusjännite Toisio	:	Oikosulkujännite, ek	:	5,500
lisäresistanssi	:	lisäreaktanssi	:	

Kaapeli, Toisio	:		
Kaapelityyppi/pinta-ala	:	AMCMK 4x4x300/88 1 kV	
Asennusmenetelmä	:	D2	
Ympäristön lämpötila	:	20,0 °C	0
Kaapelin pituus	:	10,0 m	Muu korjaustekijä 1
Häviö kaapelissa	:	0,00 W	0,00 W/m
Virtakapasiteetti	:	1128,00 A	

Suojalaite, Merkintä	:		
Valmistaja	:	ABB	Tuotenumero
Katkaisusyksikkö	:	E1	EAN-numero
Laukaisusyköt	:	PR123	Katkaisukyvyt
Mitoitusvirta	:	1000,00 A	I2-arvo
			I5- (I _m -) arvo

Kaapeli, Toisio, pisin matka joka aiheuttaa pikalaukaisun vikatilanteessa

	Pieni sa	Suurin sallittu	Asetteluarvo
 I1	: 0,60 / 600,0 A	1,00 / 1000,0 A	1,00 / 1000,0 A
I1	: 3,00 s	144,00 s	132,00 s
	Pieni sa	Suurin sallittu	Asetteluarvo
 I2	: 1,20 / 1200,0 A	10,00 / 10000,0 A	5,60 / 5600,0 A
I2	: 0,05 s	0,80 s	0,80 s

Kaapeli, Toisio					
Suojalaite	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kaapeli t=k²S²/I² [s]	t Irkyskentä [s]
Ik3p max loppu	21,320	0,21	5217,140	18,298	0,856
Ik3p min	16,415	0,22	5411,699	30,868	0,856
Ik2p max loppu	18,464	0,21	5025,217	24,397	0,856
Ik2p min	14,216	0,22	5667,431	41,156	0,856
Ik1p max loppu	21,609	0,23	5750,800	17,812	0,856
Ik1p min	16,781	0,25	4953,989	29,536	0,856
Ij max loppu	21,355	0,25	4241,522	3,593	0,856
Ij min	16,497	0,28	3297,211	6,021	0,856

@ = Suojalaite ei täytä kaikkia normien vaatimuksia
= Laite ei täytä standardin vaatimuksia

Asennuksen osoite:	Asennus:	Pvm: 11.5.2018 17:49:11
	Opinnäytetyö_Moottoripiiri	
 Neste Jacobs AB AEI Datavägen 14A, 438 32 Aaskim Puh: +46 31 748 56 00	Pää tiedot	SFS 6000:2017 400 V TN-C-S
	 6.0.92 11.1.2018	Sivu 3 (4) / 3

Jakokeskustiedot

Oikosulkuvirta		Asennuksen tiedot	
Jakokeskus: RYHMÄKESKUS		Järjestelmäjäännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: PÄÄKESKUS		Syöttökaapeli: 3 x 4 x 240 [mm ²]	
Ik Maks: 15,668 [kA]	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Jakelujärjestelmä: TN-S	
Ik Min: 9,572 [kA]		Edeltävä suojalaite: SUL 4x500 A	
Ij Maks: 10,543 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ij Min: 7,904 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojalaite			Kaapeli			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	S [mm ²]	L [m]	Asenn. menet.	Nro	[mA]
1	5,5 kW	Tarkista	16	gG	1.5	50	E		
2	11 kW	SUL	25	gG	6	50	B2		
3	30 kW	SUL	63	DIII	25	50	A2		
4	90 kW	SUL	200	gG	150	200	E		
		BIMET	174.12						
5	110 kW	SUL	250	gG	150	50	C		

Asennuksen osoite:		Asennus: Pvm: 11.5.2018 17:49:11	
Neste Jacobs AB		Opinnäytetyö_Moottoripiiri	
 Neste Jacobs AB Datavägen 14A, 436 32 Aaskim Puh: +46 31 746 56 00	 6.0.92 11.1.2018	Jakokeskustiedot SFS 6000:2017 400 V TN-S	
		Sivu 1 (5) / 1	

Jakokeskukset, oikosulkuvirrat

Jakokeskustunnus	I _{01max}		I _{01min}		I _{02max}		I _{02min}		I _{03max}		I _{03min}		I _{04max}		I _{04min}		Zs		Max I [kA]
	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	I ₀ [kA]	cos phi	[ohm]		
PÄÄKESKUS	21,320	0,21	16,539	0,21	18,464	0,21	14,323	0,21	21,809	0,23	17,028	0,24	21,355	0,26	16,815	0,26	0,0124		46,217
RYHMÄKESKUS	15,668	0,41	12,083	0,44	13,569	0,41	10,464	0,44	12,500	0,55	9,572	0,59	10,543	0,66	7,904	0,71	0,0263		28,194

NESTE
Neste Jacobs AB
AEI
Datavägen 14A,
436 32 Askim
Puh: +46 31 748 56 00

Asennuksen osoite:

Asiakas, omistaja:

Asennus:

Opinnäytetyö_Moottoriipiti

Pvm: 11.5.2018 17:49:11

Jakokeskukset, oikosulkuvirrat

febdok Vs. 6.0.92
Pvm: 11.1.2018

SFS 6000:2017
400 V TN-C-S

Sivu 1 (8)
/ 1

Sisällysluettelo

Raportin nimi	Raportin sivu	Sivujen lukumäärä
Kansisivu	1	1
Päätiedot	2	3
Jakokeskustiedot	5	1
Jakokeskukset, oikosulkuvirrat	6	1